

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMÍA

Disertación de grado para optar al título de Economista

***Incentivos económicos
para potenciar el uso de calentadores solares
en el Distrito Metropolitano de Quito***

Iván Vladimir González Gordón

ivgonzalezg@hotmail.com

Directora: María de los Ángeles Barrionuevo

mabarrionuevom@puce.edu.ec

Quito, octubre de 2012

Resumen

Se proponen y analizan escenarios de incentivos para potenciar la demanda de sistemas solares térmicos (SST) para calentamiento de agua en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Se considera la mayor eficiencia energética, ambiental, operativa y de costos a mediano y largo plazo, junto a una serie de externalidades positivas de carácter económico, social y ambiental. Sin embargo, debido a fallos de mercado y de Estado, las tecnologías convencionales para calentamiento de agua (calefones a gas y duchas eléctricas) cuentan con mayor competitividad en el mercado ecuatoriano, por lo que su uso es generalizado, puesto que su bajo precio no incorpora las externalidades negativas provocadas por el uso ineficiente e inequitativo de sus fuentes convencionales subsidiadas. En el documento se revisa la teoría económica pertinente (economía de la energía, del sector público, de los incentivos y elementos de economía ambiental), y se presentan cálculos y estimaciones modeladas, sustentadas por información estadística y una base empírica seleccionada a través de experiencias internacionales relevantes, que respaldan el paquete de incentivos fiscales, financieros y regulatorios propuesto por el autor.

Tras un análisis costo-beneficio para el Estado y para las familias del DMQ, se concluye que entre las tecnologías analizadas conviene potenciar el colector solar híbrido de placa plana importado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, que tiene un precio final de USD 794. También se concluye que se deben aplicar los siguientes incentivos de manera focalizada, según quintiles de ingreso de la población del DMQ que consume agua caliente: un subsidio del 75% del costo primario del SST para los quintiles 1 y 2, un subsidio del 62,5% para el quintil 3 y un crédito tributario del 50% para los quintiles 4 y 5; así mismo, la aplicación de una exoneración tributaria del 12% del IVA y de un préstamo público preferencial al 0% de interés por el costo remanente (no cubierto por los otros incentivos) para toda la población objetivo.

Con la aplicación del modelo descrito, el Estado obtendría un beneficio neto de USD 33,4 millones en 5 años y USD 788 millones en 20 años, mientras que las familias de los tres primeros quintiles se beneficiarían desde el primer año por el remplazo de calefones a gas, con una pérdida temporal para las familias de los quintiles 4 y 5 y una pérdida por solo 2 años para todas las familias que reemplacen duchas eléctricas. Como efecto final, a largo plazo, las familias de los quintiles 1 y 2 obtendrían un beneficio neto de USD 832 por el remplazo de calefones a gas y USD 1.604 por el remplazo de duchas eléctricas, mientras que las familias del quintil 3 obtendrían un beneficio neto de USD 733 y USD 1.505, respectivamente, y las familias de los quintiles 4 y 5 uno de USD 634 y USD 1.405, respectivamente, en 20 años.

Palabras clave: Energía renovable, energía solar térmica, calentadores solares de agua, eficiencia energética, fallos de mercado y de Estado, incentivos económicos, análisis costo-beneficio.

*A mis queridos padres Vladimir y Doris, y a mi hermano Javier,
por su amor y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida,
así como por sus valores y enseñanzas impartidas.*

Incentivos económicos para potenciar el uso de calentadores solares en el Distrito Metropolitano de Quito

Introducción	6
Fundamentos metodológicos	8
Capítulo 1: Fundamentos teóricos	11
1.1 La energía	11
1.2 Las fuentes energéticas renovables	12
1.3 Competitividad de fuentes de energía	19
1.4 El rol del Estado en el mercado de energías renovables	24
Capítulo 2: Beneficios de la utilización de calentadores solares frente a las tecnologías convencionales de calentamiento de agua	39
2.1 Calefones y gas licuado de petróleo: un gran costo para el Estado	39
2.2 Sistemas Solares Térmicos (SST) como alternativa energética	52
Capítulo 3: Incentivos económicos a las energías renovables	76
3.1 Experiencia con incentivos a las energías renovables	77
3.2 Incentivos para potenciar SST	84
Capítulo 4: Implementación de energía solar térmica en el Distrito Metropolitano de Quito	90
4.1 El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)	90
4.2 Energía solar térmica para el DMQ	96
4.3 Propuesta de incentivos para potenciar SST en el DMQ	107
Conclusiones	135
Recomendaciones	138
Referencias bibliográficas	141

Abreviaturas

BEP Barril equivalente de petróleo (1.700 kWh o $6,1178632 \times 10^9$ julios)

BID Banco Interamericano de Desarrollo

CONELEC Consejo Nacional de Electricidad

CSP Sistemas solares de generación eléctrica a base de energía térmica concentrada o concentradores solares, siglas en inglés de *Concentrated Solar Power*

DMQ Distrito Metropolitano de Quito

ECV Encuesta de Condiciones de Vida 2006

EJ Exajulios (1018 julios)

ESTIF Federación Europea de la Industria Solar Térmica, siglas en inglés de *European Solar Thermal Industry Federation*

ESTTP Plataforma de Tecnología Solar Térmica Europea, siglas en inglés de *European Solar Thermal Technology Platform*

GLP Gas licuado de petróleo

GW Gigavatios (10^9 vatios)

GWth Gigavatios térmicos, medida para producción de energía solar térmica

GEI Gases de efecto invernadero

IEA Agencia Internacional de Energía, siglas en inglés de *International Energy Agency*

IRENA Agencia Internacional de las Energías Renovables, siglas en inglés de *International Renewable Energy Agency*

IPCC Panel Intergubernamental del Cambio Climático, siglas en inglés de *Intergovernmental Panel on Climate Change*

kW kilovatios (1000 vatios o 1000 julios/ segundo)

LCOE Costo Nivelado de Energía, siglas en inglés de *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) o *Levelized Cost of Energy* (LCE)

Mb millones de barriles de petróleo

MDL Mecanismo de Desarrollo Limpio

MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador

Mtep Millones de toneladas equivalentes de petróleo

MW Megavatios (106 vatios)

OLADE Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)

PIB Producto interno bruto

PNBV Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013

PV Paneles solares fotovoltaicos, siglas en inglés para *Photovoltaic*

REN 21 Red de Políticas para las Energías Renovables en el Siglo 21, siglas en inglés para *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*

Senplades Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

SST Sistema solar térmico, también conocido como calentador solar de agua o colector solar térmico.

SST Monotipo. Sistema solar térmico que funciona con el aporte de un solo tipo de energía: energía solar térmica.

SST Híbrido. Sistema solar térmico que funciona con el apoyo de una o más resistencias eléctricas internas que cubren los requerimientos energéticos adicionales de agua caliente sanitaria.

UE Unión Europea

Introducción

El consumo energético a nivel mundial, en constante presión expansiva debido al crecimiento acelerado de la población y de la economía, ha sido sostenido tradicionalmente hasta en un 80% por fuentes energéticas convencionales. Adicionalmente, “con las tendencias actuales de incremento de la población, crecimiento económico y urbanización, la demanda mundial de energía primaria podría llegar a ser alrededor de 900 exajoules (EJ) en 2050 y entre 1.200 y 1.700 EJ en 2100” (Castro, 2011: 9). Esto representa una triplicación de la demanda mundial de energía primaria durante este siglo; con peligrosas consecuencias sociales, ambientales y económicas de continuar con su provisión mediante combustibles fósiles.

El ordenamiento, la planificación y la gestión de las ciudades son factores claves para la sustentabilidad; pues albergan a la mitad de la población del mundo, relación que se incrementará hasta el 70% para el 2050. Dentro del modelo económico y el escenario geopolítico imperante, las ciudades surgen como un eje principal de emprendimientos y de comercio internacional, pero mantienen una alta dependencia de las regiones exteriores para satisfacer sus enormes (y crecientes) necesidades de materias primas básicas y energía (Moore et al, 2011: 3). El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) no se sale de esta lógica perversa; al contrario, al erguirse como una verdadera metrópoli moderna de más de dos millones de habitantes, deviene en un gran sumidero de energía y recursos, y expulsor permanente de masivas cantidades de residuos y emisiones que se incrementan conforme aumenta la migración interna y crece su población local (prevista a crecer en 22% hasta el 2025) (Moore et al, 2011: 3). Los requerimientos energéticos para el calentamiento de agua también comparten esta lógica preocupante, pues su incipiente demanda ha provocado un incremento continuo de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) y de electricidad para uso en calefones a gas y duchas eléctricas, respectivamente, con incrementos sostenidos de los subsidios que el Estado asigna a estas fuentes convencionales, y con consecuentes pérdidas económicas, sociales y ambientales.

La importancia de la investigación radica en la necesidad de corroborar al potenciamiento del uso de la energía solar térmica que, en calidad de fuente de energía directa, permanente, ilimitada, segura, descentralizada, eficiente, no contaminante (limpia), renovable y sustentable; tiene la capacidad de sustituir el contraproducente uso creciente de calefones a gas y duchas eléctricas por sistemas solares térmicos (SST) para calentamiento de agua en el DMQ. De igual manera, apoyar en la construcción de una economía ecuatoriana con bajas emisiones de carbono y menos dependiente del extractivismo rentista petrolero (cuyo horizonte, en términos de fuente energética y de divisas tiende a cerrarse en, aproximadamente, 20 años). De esta forma, contribuir al cambio de la matriz energética ecuatoriana hacia fuentes energéticas renovables que aseguren la seguridad energética del país.

Para el año 2012, no existen estudios analíticos profundos, sobre todo en el DMQ, acerca de incentivos económicos que potencien la demanda masiva de calentadores solares de agua y que permitan reemplazar tecnologías convencionales como calefones a gas y duchas eléctricas, pues la mayoría de los estudios realizados son de carácter técnico (ingenieril). Por tal razón, se propuso un

estudio económico que permitiese proponer un paquete de incentivos, con criterios óptimos, que sea eficaz para potenciar el uso de SST en el DMQ.

La investigación se focalizó en el Distrito Metropolitano de Quito, con la perspectiva de sus resultados puedan ampliarse y extrapolarse a todo Ecuador en futuras investigaciones y aplicaciones prácticas. De esta manera, se busca proveer una base sobre la cual se potencien mayores y mejores proyectos energéticos renovables, tanto a pequeña como a gran escala, con el fin de contribuir al cambio de la matriz energética ecuatoriana hacia una más sustentable, ambiental y socialmente responsable y menos dependiente de combustibles fósiles.

Como punto de partida, previo al desarrollo de esta investigación, se presentan los fundamentos teóricos en el capítulo uno, los cuales son imprescindibles para introducir, definir y clasificar conocimientos teóricos valiosos acerca de los fenómenos que se abordarán posteriormente. En dicho capítulo se abordan temas como la energía, los calentadores solares de agua, la competitividad por eficiencia, los incentivos impulsados desde el sector público, entre otros.

En el capítulo dos, se analizan las tecnologías de generación de agua caliente (calefones a gas, duchas eléctricas y SST) y una mirada a sus mercados respectivos en Ecuador. Se discute la problemática del subsidio al GLP, junto con otros obstáculos (como fallos de mercado y Estado) que impiden el desarrollo de los SST a pesar de los ingentes beneficios que trae su uso.

Posteriormente, en el capítulo tres, se introduce a la temática de los incentivos a las energías renovables. En un inicio, se expone y contrasta la experiencia nacional e internacional con dichos incentivos, abordando a las energías renovables de manera general; para que, posteriormente, se comparen los tipos de incentivos destinados exclusivamente a potenciar el uso de SST a nivel internacional, con sus respectivas experiencias aprendidas. El mencionado análisis será muy tomado en cuenta en el siguiente capítulo.

Por último, el análisis empírico revisado en los dos capítulos anteriores, junto con el respaldo de los fundamentos teóricos, servirá como soporte para el diseño y planteamiento del paquete de incentivos propuesto en el capítulo cuatro de esta investigación. Adicionalmente, será necesario realizar cálculos para estimar el ahorro potencial para el Estado y para las familias del DMQ debido al remplazo de tecnologías convencionales por SST; así como una serie de análisis costo-beneficio realizadas para ambos actores (en diferentes escenarios), que estimen la conveniencia de dicho remplazo. Se realizan los cálculos mencionados con el fin de escoger al SST óptimo a potenciarse y el escenario de aplicación de incentivos más costo-eficiente para el Estado y para los hogares del Distrito Metropolitano de Quito.

Fundamentos metodológicos

Pregunta general

¿Cuáles serían los incentivos económicos que podrían potenciar el uso de calentadores solares en el Distrito Metropolitano de Quito?

Objetivo general

Definir incentivos económicos para potenciar el uso de calentadores solares de agua en el Distrito Metropolitano de Quito.

Objetivos específicos

- Contrastar los beneficios que presenta la utilización de calentadores solares frente a los costes del uso de tecnologías convencionales de calentamiento de agua.
- Analizar los incentivos económicos disponibles y empíricamente exitosos para potenciar el uso de calentadores solares de agua.
- Proponer y evaluar mecanismos económicos específicos para favorecer la adopción de calentadores solares por parte de los hogares del DMQ.

Preguntas específicas

- ¿Qué beneficios presenta la utilización de calentadores solares, frente a los costes del uso de tecnologías convencionales de calentamiento de agua?
- ¿Qué tipo de incentivos económicos empíricamente exitosos se encuentran disponibles para potenciar el uso de calentadores solares de agua?
- ¿Cuáles serían los mecanismos económicos óptimos para favorecer la adopción de calentadores solares por parte de los hogares del DMQ?

Delimitación de la investigación

Aun cuando el uso de calentadores solares de agua se encuentra cada vez más globalizado, esta investigación se focaliza exclusivamente en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), con fin último de poder realizar un acercamiento al diseño de una política de incentivos eficiente que se acople a la

realidad de los hogares de esta ciudad, y que estimule el reemplazo de los calefones a gas y de las duchas eléctricas por calentadores solares de agua.

Para la investigación se toma como referencia al año 2012, pues se requiere contar con amplias fuentes de información analíticas, cualitativas y cuantitativas actualizadas; de esta forma, se permite una recopilación y análisis de información que refleje características más apegadas a la realidad actual de los hogares del DMQ.

Procedimiento metodológico

Se trató de una investigación de tipo teórica aplicada, para la cual se utilizaron conocimientos de la teoría económica convencional, economía de la energía, economía del sector público, economía de los incentivos y breves rasgos de economía ambiental, que sirvieron como soporte para explicar la forma y las razones por las cuales se debe incentivar el uso de calentadores solares de agua, provocando el reemplazo de los calefones convencionales a gas y las duchas eléctricas en el DMQ.

La técnica de investigación a la que se recurrió fue la de triangulación, es decir, una combinación de las técnicas cualitativa y cuantitativa; donde, a pesar de sus diferencias estructurales, ofrecieron perspectivas enriquecedoras y complementarias, potenciando la visión del estudio y procurando un diseño de investigación inductiva más flexible y realista. Gracias a este enfoque se obtuvieron datos fidedignos y apegados a la realidad, provenientes de fuentes primarias trascendentales, ya sea a través de un análisis cuantitativo de datos estadísticos agregados o a través de un análisis cualitativo de los datos proporcionados por las personas entrevistadas.

Las técnicas cuantitativas más utilizadas en esta investigación fueron las de análisis de contenido y la heurística para la recopilación de información (sin la necesidad de recurrir a encuestas debido a la amplitud de datos disponibles), mientras que para examinar la información se recurrió al análisis estadístico. Se recurrió mayormente al análisis de contenido a través de la cuantificación de distintas unidades y elementos de información investigada, para formular inferencias reproducibles y válidas aplicables al contexto de la investigación. Para el estudio de la información cuantitativa recopilada se utilizó el análisis estadístico con el fin de estandarizar la información que sería sometida a cálculos, comparaciones y análisis; así como agilitar la obtención de respuestas y soluciones igualmente homologadas y expresadas en términos agregados y representativos.

Igualmente, las técnicas cualitativas más utilizadas fueron la entrevista y la investigación documental para recopilación de información, y el análisis documental de información. Se recopiló la mayor cantidad de información a través de la técnica de investigación documental, para lo cual se construyó (de manera indirecta) información y conocimiento a partir de la consulta de diversos tipos de documentos. De igual forma, se aprovechó la técnica de entrevistas para con tres expertos en energía solar térmica y de incentivos financieros, gracias a los cuales se obtuvo información específica de primera mano, sobre la cual se contaba con muy poca bibliografía disponible. Esta información recopilada fue sometida a estudio mediante la técnica de análisis documental; a partir del análisis formal de datos, donde se recogió los elementos objetivos de los documentos, y a través

del análisis de contenido, donde la temática del texto se sometió a descripción (clasificándolo, indizándolo, resumiéndolo y sintetizándolo).

En todas las técnicas mencionadas se procuró el uso de métodos de recopilación y análisis heurísticos, con el fin de minimizar la cantidad de búsqueda requerida para encontrar soluciones de forma más práctica, sencilla, rápida y ordenada. Así, la aplicación de la heurística brindó apoyo en la toma de decisiones sobre las problemáticas encontradas en la investigación, mediante la aplicación de sus etapas: abstracción de los datos, asociación heurística (con la búsqueda empírica de coincidencias entre los casos abstraídos y las soluciones), y refinamiento de la solución (con la deducción y búsqueda de más información para encontrar las soluciones); así como mediante la aplicación de sus reglas heurísticas: confeccionando figuras de análisis (esquemas, tablas, mapas, gráficos, etc.), representando magnitudes con variables (abstracciones), determinando la disponibilidad de fórmulas adecuadas, utilizando números y estructuras más simples en lugar de datos (abstracciones), y reformulando los problemas en formas más sencillas.

Las fuentes de información recurridas fueron primordialmente secundarias, pues se trabajó con publicaciones (libros y revistas científicas) y con fuentes inéditas de literatura gris (working papers, disertaciones, tesis doctorales, trabajos de investigación, informes técnicos y boletines). Estas fueron extraídas principalmente de dos centros de información: repertorios documentales bibliográficos (fuentes físicas) e internet (fuentes virtuales). Así también, se trabajó con entrevistas como fuente de información primaria, las cuales permitieron la recopilación de datos cualitativos relevantes.

Capítulo 1: Fundamentos teóricos

1.1 La energía

Existen distintas formas de concebir la energía. Desde el punto de vista de la física se reconoce a la energía como “la capacidad de generar trabajo” (RAE, 2010), entendiendo este trabajo¹ por su forma más común y de mayor uso en la sociedad: el movimiento. Otra manera de concebir la energía, desde un punto de vista económico, es reconocerla como un factor de producción; entendiéndose como un cuarto recurso que, al ser combinado en el proceso de producción con los tres factores clásicos (capital, trabajo y tierra), agrega valor a la producción de bienes y servicios.

El término energía entendido desde lo económico hace alusión a un recurso natural (específicamente un bien intermedio) que permite la extracción, transformación, producción, circulación, distribución y consumo de los bienes y servicios de una economía. Complementando esta visión un tanto limitada, se reconoce también a la energía como potencial creadora de nichos de desarrollo tecnológico, productivo y de servicios que incorporen valor agregado nacional (Acosta, 2007). De esta manera,

La energía debe mirarse también como una posibilidad para crear a lo largo de la cadena energética nichos de desarrollo tecnológico cuya explotación permita articular un conjunto de actividades productivas y de servicios. En la medida que el sector energético genere o fortalezca encadenamientos con otros sectores productivos se estará propiciando un verdadero desarrollo energético; en caso contrario, se tendrá, como ocurrido hasta hoy, un simple crecimiento cuantitativo, cuya contribución hacia una transición post-petrolera será escasa o nula. Es en este contexto que debe evaluarse el aporte de las tecnologías nuevas y renovables de energía (Acosta, 2007: 48).

Desde un enfoque de economía política, se reconoce a la energía como un recurso natural escaso; por tanto, fuente de conflictos entre actores económicos que luchan por el control de los recursos energéticos y la búsqueda de su seguridad y autosuficiencia energética. Cabe señalar que la energía será escasa y limitada si y solo si sus fuentes de generación son escasos y limitados. De ahí que las fuentes no renovables de generación de energía tienen la limitación y desventaja de su inminente culminación en un futuro no muy lejano (estimado a 100 años globalmente), debido su carácter escaso. Por lo mencionado, “los recursos energéticos y específicamente los combustibles fósiles, [constituyen] recursos finitos pero no esenciales ya que pueden ser sustituidos por otras fuentes de energía” (Hurtado, 2008: 22).

“La energía es el resultado de un proceso caro, y por eso debemos aprender a valorarla y no derrocharla. Este proceso de aprendizaje es casi tan importante como el desarrollo de nuevas fuentes de energía alternativas” (IDAE, 2006: 68).

¹ “Producto de la fuerza ejercida sobre un cuerpo por su desplazamiento” (RAE, 2010).

1.2 Las fuentes energéticas renovables

La Agencia Internacional de Energía (IEA, 2007: 125) da la siguiente definición a la energía renovable: “es la que se deriva de procesos naturales que se reponen constantemente”. Por otro lado, Alexander y Boyle (2004; citado en Castro, 2011: 44) define a la energía renovable como “la energía obtenida de los continuos flujos energéticos que existen en el ambiente natural”. Otra definición es “flujos energéticos que son repuestos al mismo ritmo al cual son utilizados” (Castro, 2011: 44).

La IEA (2007: 125) señala que existen diversas formas de energía renovable, que se caracterizan principalmente por derivarse directa o indirectamente del sol, o del calor generado en las entrañas de la Tierra. Entre estas formas, se puede señalar a “la energía generada de los recursos solares, eólicos, de biomasa, geotermia, hidroenergía y recursos marinos, biomasa sólida, biogás y biocombustibles líquidos”.

Carless (1995: 46) ya señalaba en el año 1995 que muchas tecnologías de energía renovable “ahora son altamente competitivas en términos de costo con los combustibles fósiles y los recursos nucleares, y algunas son inclusive más baratas.”. Haciendo referencia a las tecnologías que aún no son competitivas en términos de mercado:

Solo porque una fuente de energía (particularmente si es renovable y relativamente benigna para el ambiente) pueda no ser competitiva hoy, seguramente que no es razón para dar por descontado su desarrollo; pues si todos los inventos de la historia tuvieran que competir de manera eficiente desde su inicio con las tecnologías existentes, todavía estaríamos considerando la rueda (Carless, 1995: 46).

Es importante señalar que la energía renovable tiene aplicaciones en todo el mundo, ya sean países desarrollados o en vías de desarrollo, ricos o pobres, sin importar las orientaciones políticas o culturas.

1.2.1 Potencialidad de las fuentes energéticas renovables

¿La humanidad podría vivir a partir de solo energías renovables y sustentables? Muchos escépticos piensan que no o por lo menos dudan de la factibilidad real posible de este suceso, y ciertos “Scientific Cranks²” (o “saboteadores literarios”) reniegan totalmente de esta posibilidad por su compromiso ideológico, sin estar dispuestos a aceptar evidencia científica (como si lo están los escépticos). Sin embargo, un artículo escrito por Mark Z. Jacobson y Mark A. Delucchi, investigadores de las Universidades de Stanford y de California, respectivamente, y publicado por la renombrada revista *Energy Policy*, ha generado una inesperada controversia, pues:

En él, los investigadores afirman que el 100% de la energía que consume el planeta podría obtenerse por fuentes completamente limpias y renovables, en un plazo de 20 a 40 años y utilizando únicamente

² “Crank” es un término peyorativo hacia una persona cuya creencia inquebrantable es considerada por la mayoría de sus contemporáneos como falsa, sosteniéndola por compromiso ideológico mas no científico, sin estar dispuesto a aceptar ninguna evidencia contraria. Deslegitima todo trabajo que se oponga a sus creencias y en muchas ocasiones lo sabotea. Parte de una conclusión ideológica y desarrollan una metodología para legitimarla (Pollin, Heintz y Garrett, 2009).

la tecnología actual. Semejante afirmación implica que podrían salvarse más de dos millones de vidas al año a la vez que se detiene el calentamiento global y se reduce la contaminación del aire y del agua. Como si todo esto fuera poco, el estudio concluye aseverando que los costos de la energía así producida no sería mayor a los costos que hoy pagamos. Es decir, si Jacobson y Delucchi están en lo cierto, no tenemos ningún motivo para seguir quemando petróleo o carbón, ni arriesgarnos a otro Chernóbil [u otro Fukushima] al utilizar combustibles nucleares³ (Ewwind, 2011).

Algo impactante que demuestra este estudio es que “no existen barreras de índole tecnológico o económico que impidan reemplazar todas las fuentes de energía que utilizamos actualmente por otras que sean limpias y renovables. No hace falta esperar años para que desarrollemos alguna nueva y mágica tecnología” (Jacobson y Delucchi, 2010: 1). Por tanto, el cambio de la matriz energética, tiene la posibilidad de ponerse en marcha ahora mismo, contando con las tecnologías renovables disponibles.

Para lograr el cometido, el 90% de la electricidad necesaria debería provenir de fuentes eólicas y solares (fotovoltaica y termosolar), mientras que el 8% restante se generaría con fuentes geotérmicas e hidroeléctricas y el 2% final provendría de la energía mareomotriz. Adicionalmente es imprescindible que se realicen adaptaciones en el sistema de transporte para que funcione con energía eléctrica⁴, y así abandonar por completo la dependencia de petróleo (Ewwind, 2011).

Al igual que otras tantas fuentes energéticas renovables, la energía solar térmica para calentamiento de agua cuenta con un especial potencial de desarrollo y difusión, pues “no es nada nuevo que la tecnología solar térmica de baja temperatura [SST] tiene el más alto potencial en el área de calentamiento entre todas las energías renovables” (ESTTP, 2009: 4). Para corroborar esta realidad, las NNUU, mediante un estudio titulado “The Independent Global Climate Decision Makers Survey (GCDMS)” en 2007, demostró que entre 20 tipos de tecnología que reducen el carbono, la energía solar térmica y solar pasiva se consideran las tecnologías con más alto potencial de reducción de carbono en los próximos 25 años, sin incurrir en efectos secundarios inaceptables (GCDMS; citado en ESTTP, 2009: 38).

Adicionalmente a la competitividad y eficiencia en costos, el futuro de aplicación efectiva y de difusión masiva de la energía solar térmica es muy prometedor, pues “se espera que la crisis energética y climática cambie drásticamente el mercado de calentamiento de agua durante las próximas dos décadas” (ESTTP, 2009: 38). Esto se debe a que se espera un endurecimiento en los requerimientos de eficiencia energética y equipos renovables de las nuevas edificaciones (como ya se lo hace actualmente a partir de mandatos y ordenanzas).

El iniciar y potenciar un proceso de innovación tecnológica dirigido hacia las energías renovables más competitivas, eficientes y con mayor potencial (como la energía solar térmica) “puede desencadenar un círculo virtuoso de interacciones entre el sector energético y varios comportamientos de la

³ Adicionalmente, un estudio de Mark Z. Jacobson y Delucchi, 2010 (2010: 1) demuestra que la energía eólica es la mejor forma de generar energía, mientras que las peores son la nuclear y los biocombustibles, pues “los biocombustibles basados en el etanol causarán en realidad más daños a la salud humana, a la fauna, al suministro de agua y al uso de la tierra, que los combustibles fósiles actuales”.

⁴ “Al convertir los millones de motores que marchan en el planeta a su equivalente eléctrico ahorraríamos automáticamente un 30% de energía, ya que la electricidad es mucho más eficiente que la combustión tradicional. Como un ‘efecto colateral’ positivo, esta conversión salvaría entre 2,5 y 3 millones de vidas cada año, gracias a la reducción de la contaminación del aire que tendría lugar por la eliminación de los combustibles fósiles” (Ewwind, 2011).

economía” (Acosta, 2007: 85). Pues como lo señala la Agenda Energética 2007, la introducción de nuevas tecnologías en el sistema energético crea nuevos nichos o segmentos de mercado, los cuales impulsan una red de actividades (diseño, ingeniería, servicios, mantenimiento, fabricación local) que se refuerzan mutuamente y crecen, desencadenando crecimiento y desarrollo. “El sistema crece en diversidad al mismo tiempo que la conectividad entre sus componentes aumenta. Se crean estructuras de regulación y se procesa más información; aumenta el nivel de complejidad del sistema y por consiguiente su nivel de sustentabilidad” (Acosta, 2007: 85).

1.2.2 Energía solar

En el sentido más amplio, la energía solar puede referirse a cualquier fenómeno que tiene su origen en la energía del sol y puede ser aprovechada como energía utilizable, directa o indirectamente. Por tal razón es que, de forma amplia, toda la energía que se usa en la actualidad, con excepción de la energía atómica, proviene del sol. Para propósito de este trabajo, se limita el uso del término *energía solar* para las “fuentes de energía que pueden ser directamente atribuidas a la luz del sol o al calor generado por la misma” (Bradford, 2006: 90) o, como lo define más prácticamente la IEA (2007: 202): “la radiación del sol, explotada para producir agua caliente y generar electricidad”.

“La cantidad total de radiación que irradia el sol en la tierra en un año es 7.500 veces mayor que el consumo energético mundial anual” (WEC, 2007; citado en Castro, 2011: 44). Con la ventaja adicional de que “esta fuente de energía no se apagará hasta dentro de 4.500 millones de años” (Velarde, 2004: 11). Por ello, para todo fin práctico, la energía solar es una fuente infinita de generación renovable de energía.

Además, es la fuente de energía más limpia o verde y, por tanto, la energía más eficiente ambiental conocida, debido al muy reducido impacto ambiental generado por su implementación (exceptuando la energía consumida en el proceso de fabricación de los paneles), sin emisiones de gases de efecto invernadero, ya que ésta proviene directamente del sol, la fuente natural de energía más poderosa en el sistema solar. En adición, presenta la gran ventaja de tener disponibilidad mundial e ilimitada (sin posibilidad de cortes) y de ser la única energía que implica cero costos por combustibles fósiles, transporte, almacenamiento, impuestos, etc.

1.2.2.1 Usos de la energía solar

Existen básicamente dos usos de la energía solar: calor y generación de electricidad. Las tecnologías requeridas en cada caso son diferentes en la práctica, pero el principio físico básico que opera es esencialmente el mismo: la luz solar es capturada y convertida en calor útil o electricidad.

Su aprovechamiento, hoy por hoy, se hace, por un lado, con el empleo de la denominada energía solar térmica, que puede ser de baja temperatura -entre 30 y 90° C-, que es la que por ahora se utiliza en colectores solares planos para absorber la radiación solar con fines domésticos; y la de alta temperatura referente a la energía solar térmica concentrada (CSP o Central Térmica Solar), que emplea heliostatos y espejos que concentran la energía solar en una superficie pequeña para obtención de energía eléctrica, logrando obtener de 2.000 a 10.000 kWh/m². Por otro lado, se utiliza

la energía solar fotovoltaica, que transforma directamente la energía solar en energía eléctrica (Velarde, 2004: 11).

1.2.2.2 Clasificación de la energía solar

De acuerdo a sus tecnologías, Bradford (2006) divide a la energía solar en: pasiva y activa; térmica y fotovoltaica; y concentrada y no concentrada, tal como se presenta en la tabla 1.

Tabla N° 1. Clasificación de las tecnologías de energía solar

Distribución	Solar activa			Solar pasiva
	Solar fotovoltaica	Solar térmica		
		Eléctrica	No eléctrica (calentamiento de agua)	
Centralizada (> 200 kW)	Fotovoltaicos concentrados (CPV) y centrales fotovoltaicas	Energía solar térmica concentrada (CSP)	Calentamiento de agua por distrito	
Gran escala (> 20 kW)	Fotovoltaica integrada en edificios (BIPV)		Sistemas comerciales de calentamiento de agua	
Pequeña escala (< 20 kW)	Fotovoltaica comercial pequeña y de construcciones residenciales		Sistemas residenciales de calentamiento de agua (SST residenciales)	Calentamiento y enfriamiento
Equipos autónomos Off-Grid (desconectados de la red principal)	Sistemas autónomos para aplicaciones remotas (paneles solares para hogares)			Luz del día

Fuente: Bradford, 2006: 93

Elaboración: Iván González G.

La tecnología de la energía solar pasiva se limita a recolectar la energía sin convertir el calor o la luz en otras formas y, por tanto, no necesita equipo mecánico alguno. Su aplicación más común se da en el diseño de los hogares para que estos puedan aprovechar la luz solar en la iluminación de cuartos y pasillos. Por el contrario, la tecnología de la energía solar activa capta la energía solar y la almacena o convierte para otros usos; ésta se puede clasificar en: solar fotovoltaica (de generación eléctrica) y solar térmica (de generación eléctrica, o de calentamiento de agua o aire).

Por otro lado, Byrne et al (2010: 20 - 21) ubican a las tecnologías de energía solar concentrada (*CSP o Central Térmica Solar*) como “una familia de tecnologías que usan espejos o lentes para enfocar la luz solar y aumentar así la intensidad de la luz en la zona de enfoque” de manera que, mediante el uso de un colector de plato que concentra luz solar en un área de células pequeñas, se puede generar energía eléctrica. Por el contrario, las tecnologías de energía solar no concentradas, “solo tienen la capacidad de utilizar la intensidad de la radiación solar disponible para aplicaciones de energía solar pasiva, calentamiento de agua y de aire”.

1.2.3 Calentadores solares de agua (Sistemas Solares Térmicos – SST)

El método de aprovechamiento más común de la energía solar térmica es mediante el calentamiento de agua sanitaria, a partir de sistemas solares térmicos SST (también denominados colectores solares térmicos de baja temperatura o, simplemente, calentadores solares de agua). “El principio elemental en el que se fundamenta cualquier SST es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario⁵” (IDAE, 2006: 33).

Entonces, “la energía solar térmica aprovecha la radiación infrarroja del sol para generar calor, destinado principalmente a la producción de agua caliente sanitaria, calefacción y calentamiento del agua en piscinas” (Levantina, 2011: 1). IDAE (2006) recalca que la utilización de la energía solar para calentar el agua (que bordea los 45°C) es una de las aplicaciones más prácticas y rentables del conjunto de las energías renovables, pudiendo tener una vida útil de hasta 20 años sin mayor mantenimiento⁶ y cubrir del 60 al 90% del total de la demanda de agua caliente sanitaria de una vivienda promedio⁷.

Es importante señalar que la mayoría de SST suelen ser de tipo híbridos, es decir, cuentan con el apoyo de alguna fuente energética convencional (gas licuado de petróleo, gas natural, o preferiblemente electricidad) para cubrir los requerimientos energéticos de agua caliente sanitaria no cubiertos exclusivamente con energía solar, debido a periodos con radiación insuficiente o de sobre demanda de agua caliente sanitaria. De esta forma, los sistemas convencionales se convierten en fuentes secundarias de calor, es decir, un respaldo del SST (Chiras, 2006; IDAE, 2006).

1.2.3.1 Funcionamiento de los SST

El SST promedio se encuentra compuesto por paredes externas que captan el calor (por efecto invernadero) y resisten a la intemperie, y con paredes internas dotadas de aislamiento térmico. Un equipo promedio cuenta con tres elementos básicos: uno o más captadores solares (paneles), un acumulador y un intercambiador (ver grafico 1).

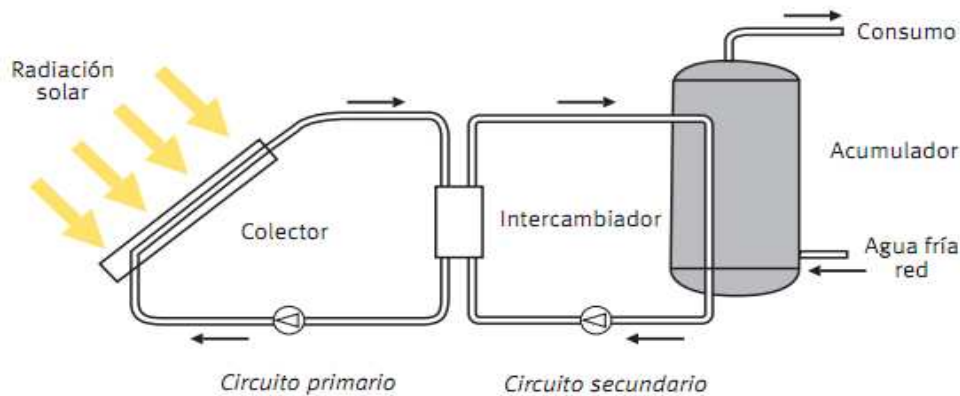
El procedimiento básico de cualquier instalación solar consiste en absorber la energía térmica contenida en los rayos solares, seguido de la utilización de un aislante térmico eficaz (comúnmente mediante un tanque de almacenamiento de agua aislado) con el fin de evitar su enfriamiento y acumular cantidades importantes de energía durante largo tiempo (almacenamiento estacional) (IDAE, 2006). Su funcionamiento se ilustra en el gráfico 2.

⁵ “Así, la posibilidad de captar la energía del Sol desde el lugar que se necesita, junto con la capacidad de poder almacenarla durante el tiempo suficiente para disponer de ella cuando haga falta, es lo que hace que esta tecnología sea tan ampliamente aceptada en muchas partes del mundo” (IDAE, 2006: 33).

⁶ Se trata de labores de mantenimiento tan simples y poco costosos como de cualquier tecnología convencional de calentamiento de agua caliente sanitaria, pues “con un breve seguimiento rutinario será suficiente para poder garantizar el correcto funcionamiento del sistema durante toda su vida útil” (IDAE, 2006: 35).

⁷ Las instalaciones solares no se diseñan para cubrir el 100% del consumo porque de lo contrario se necesitaría instalar costosos sistemas de acumulación de energía a largo plazo que harían económicamente inviables a los SST (IDAE, 2006: 36).

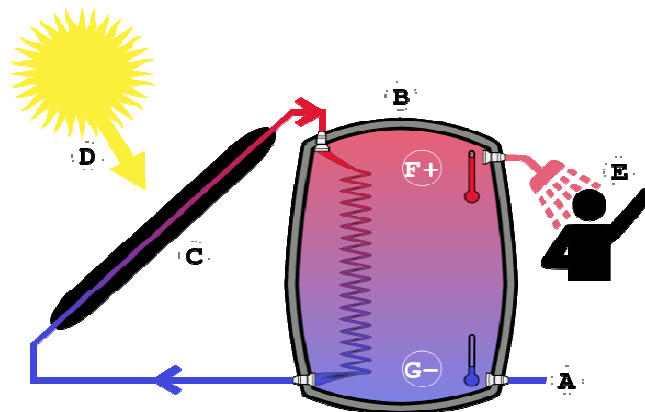
Gráfico N° 1. Esquema básico de un SST



Fuente y elaboración: IDAE, 2006: 34

Un equipo electrónico controla la temperatura del agua en el depósito acumulador y en el captador. Si la temperatura del captador es mayor que la del acumulador, se pone en marcha la bomba, que hace circular el agua del acumulador por el captador, y la devuelve más caliente de nuevo al acumulador. En el caso contrario (la temperatura del acumulador mayor que la temperatura en el captador) la bomba detiene la circulación. De esta forma, se aprovecha al máximo las horas de calentamiento solar y se evita enfriar el agua en momento de baja insolación. Un calentador adicional, mediante combustibles o electricidad, permite llevar el agua a la temperatura deseada en los momentos de alto consumo o baja insolación (Levantina, 2011: 1).

Gráfico N° 2. Diagrama del funcionamiento de un SST



Fuente y elaboración: Levantina, 2011: 1

El agua fría entra a través de una entrada (A) en un tanque de almacenamiento aislado (B). Desde allí, fluye a través de un panel (C), que absorbe la radiación solar (D). La energía solar es absorbida en forma de calor y el agua caliente vuelve a entrar en el tanque donde intercambia calor con el resto del agua a través de convección o de intercambiador de calor. El agua caliente sale del tanque en la parte superior donde se puede utilizar (E). La temperatura en la parte superior del tanque (F +) es mayor que en la parte inferior (G) por la reducción de la masa específica de agua más caliente (Levantina, 2011: 1).

Los lugares adecuados para la instalación de SST deben recibir una radiación solar de al menos 2.000 kWh/m²/año, mientras que las mejores ubicaciones reciben más de 2.800 kWh/m²/año. Además, lo ideal es que estén ubicados en regiones con bajos niveles de humedad, polvo y humo, como las estepas, matorrales, sabanas, semi-desiertos y desiertos. Por lo tanto, las áreas más prometedoras para la energía solar térmica son: el Sur-Oeste de los Estados Unidos, América del Sur y el Caribe, el

Norte y Sur de África, los países mediterráneos de Europa, el Medio Oriente, Irán y las llanuras desérticas de la India, Pakistán, la ex Unión Soviética, China y Australia (ESTTP, 2009).

1.2.3.2 Tipos de SST

La complejidad de los SST varía dependiendo de la tecnología empleada para su construcción. De allí que pueden ser tan simples y baratos como sistemas solares caseros (ej. barriles grandes pintados de negro para absorber mejor la radiación solar) que carecen de un regulador de temperatura; o tan sofisticados y desarrollados tecnológicamente como los colectores solares térmicos hechos a partir de cobre revestido de negro y cámaras selladas con excelentes propiedades de aislamiento. Es fácilmente deducible que los segundos son de mayor eficiencia energética y de procesos; sin embargo, no necesariamente más eficientes en costos, debido a sus requerimientos tecnológicos más sofisticados. Una gran ventaja adicional de los colectores solares de fabricación no casera es que pueden almacenar el calor y la energía recolectada con facilidad con el único requisito de contar con un depósito adecuado. De esta forma, el calor recolectado se transfiere a un depósito especial y se ocupa conforme a la necesidad, minimizando las pérdidas técnicas (por entropía).

Entre los principales tipos de SST para calentamiento de agua sanitaria se encuentran los colectores de placa plana y los de tubos de vacío.

Colectores de placa plana

También llamado colector solar plano o panel solar térmico, es capaz de calentar fluidos portadores de calor (caloportadores) hasta 82 °C y obtener entre el 40 y el 80% de eficiencia.

Los colectores de placa plana consisten en una caja plana metálica expuesta al sol. Esta placa está unida o soldada a una serie de conductos por los que circula un líquido caloportador (generalmente agua, glicol, o una mezcla de ambos) que se calienta a su paso por el panel. A dicha placa se le aplica un tratamiento selectivo para que aumente su absorción de calor, o simplemente se la pinta de negro. Se aprovecha el calor producido por el circuito de temperatura para calentar un depósito o acumulador de agua (Ramón, 2010).

Colectores de tubos de vacío

También llamados colectores de tubos evacuados, involucran una menor superficie captadora, a cambio de pérdidas menores de calor y, por lo tanto, mayor eficiencia energética.

La lámina captadora se coloca dentro de tubos al vacío [montados en una estructura de peine], por tanto con unas pérdidas caloríficas despreciables. Estos tubos usan el principio "Heat Pipe" y son considerados los 'superconductores del calor' debido a su muy baja capacidad calorífica y a su especial conductividad. El tubo Heat Pipe consiste en un cilindro de metal hueco, cerrado en sus extremos y sometido a vacío, cuyo interior contiene una pequeña cantidad de fluido caloportador. El sistema funciona como un ciclo natural "evaporación-condensación" [donde el líquido caloportador se evapora al momento de liberar energía y posteriormente se condensa para renovar el ciclo] (Ramón, 2010).

Los colectores de tubos de vacío conllevan un mayor aislamiento de calor y cuentan con mayor flexibilidad de colocación, que permite una variación de 20° sobre su inclinación ideal sin pérdida de rendimiento. La desventaja principal es que implica un costo significativamente mayor.

Existe un debate entre los expertos sobre qué tecnología es la más adecuada. Algunos señalan la ventaja tecnológica y de eficiencia energética de los colectores de vacío, por lo que su mayor costo es fácilmente compensable, ya que se ofrece mayor rendimiento por m^2 y, por tanto, se satisfacen las necesidades de calentamiento de agua sanitaria con menos unidades de tubos. Por otro lado, quienes defienden a los colectores de placa plana sostienen que los colectores de tubos de vacío no se justifican en países donde la temperatura media es temperada (i.e. España, México) ya que la baja temperatura impide que se compense el alto costo con su mayor rendimiento, por lo cual los colectores de placa plana pueden cumplir la misma función a menor costo (Ramón, 2010).

En el cuadro 1 se compara la producción energética de cinco diferentes tipos de SST; se desprende que tanto la eficiencia energética como las respectivas temperaturas presentadas por cada tipo de SST son bastante parecidas; bordeando el 0,6 de eficiencia energética, y un promedio de 4 kWh/día (para clima temperado) y de 8 kWh/día (para clima tropical). Como se observa, tanto en eficiencia como en producción energética, los SST de placa plana de tipo termosifón⁸ son superiores, mientras que los SST por tubos de vacío activos directos son los peores.

Cuadro N° 1. Producción de energía de 5 tipos de SST

<i>Tecnología</i>	Placa plana			Tubos evacuados*	
	Activo directo	Activo indirecto	Termosifón	Activo directo	Activo indirecto
<i>Configuración (tipo)</i>					
<i>Tamaño total (m^2)</i>	2,49	1,87	1,98	2,97	2,85
<i>Tamaño del panel (m^2)</i>	2,21	1,72	1,98	2,96	2,85
<i>Eficiencia máxima</i>	0,68	0,61	0,74	0,46	0,57
<i>Producción de energía (kWh/día)</i>	<i>* Insolación temperada (3,2 kWh/m^2/día) Ej, Zúrich</i>	5,30	3,30	3,90	4,00
	<i>* Alta insolación (6,2 kWh/m^2/día) Ej, Phoenix</i>	11,20	7,10	8,80	8,40
* Tubos de vacío, corresponden a 20 tubos					

Fuente: SRCC, 2012

Elaboración: Iván González G.

1.3 Competitividad de fuentes de energía

Según Michael Porter (2005), la competitividad representa “la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales.”, entendiéndose que esta productividad depende tanto del valor de los bienes y servicios producidos por unidad de recursos empleados, como por la eficiencia con la que los mismos pueden producirse.

⁸ Funciona como sistema de circulación natural o en ciclo, donde el fluido caloportador cumple un ciclo de evaporación y condensación constante, sin necesidad de partes mecánicas ni eléctricas adicionales. Deviene en ser un equipo de alto rendimiento y competitividad en costos para climas de insolación temperada a alta (i.e. sin heladas). Es el tipo de SST más común en Medio Oriente y la mayoría de los países de Europa y América Latina (Chiras, 2006: 76).

Entonces, la concepción económica de eficiencia se torna clave en cada proceso energético, pues describe la cantidad generada de desperdicio o residuo con relación a la energía útil (que permite realizar trabajo) y, por tanto, proyecta la competitividad de cada tecnología generadora de energía. Por tanto, es importante entender los diferentes tipos de eficiencia para poder discernir entre diferentes fuentes de energía disponibles y entender por qué algunos procesos son mejores que otros.

1.3.1 Competitividad por eficiencia energética

Field (1995: 522) define a la eficiencia energética como: “La cantidad de energía utilizada por unidad monetaria (cualquiera que sea) de producción.” Y recalca que “el aspecto clave consiste en desplazarse hacia las tecnologías de producción, distribución y consumo que exijan cantidades de energía relativamente menores [preferiblemente producidas por fuentes limpias con mínimo impacto socio-ambiental]”.

La eficiencia energética puede calcularse como la razón del trabajo útil obtenido de un proceso (energía útil), dividido para el total de energía (primaria⁹) requerida (consumida) para completar tal proceso:

$$\% \text{Eficiencia}_{\text{energética}} = \frac{\text{Energía}_{\text{útil}}_{\text{obtenida}}}{\text{Energía}_{\text{total}}_{\text{utilizada}}} * 100$$

A partir de ésta simple fórmula, se puede obtener la pérdida energética de determinado proceso, restando la unidad (número 1) del valor del % de eficiencia energética obtenido:

$$\% \text{Pérdida}_{\text{energética}} = 1 - \% \text{Eficiencia}_{\text{energética}}$$

Las pérdidas energéticas pueden ser técnicas como no técnicas. Las primeras son el resultado de la imposibilidad termodinámica de utilizar el 100% de la energía para producir trabajo¹⁰; mientras que las pérdidas no técnicas engloban aspectos socio-económicos y políticos, como: huelgas en industrias generadoras de energía, robos, contrabando, entre otras actividades ilícitas.

1.3.2 Competitividad por eficiencia operativa

La eficiencia se puede medir de forma específica para una máquina o equipo de generación de energía en particular; sin embargo, es prudente examinar la eficiencia de los equipos sistemas en su contexto general, con visión de sistema. En este sentido, la eficiencia operativa trabaja como la eficiencia de todas las partes individuales que conforman el todo. La eficiencia operativa de un sistema de climatización de hogar, por ejemplo, depende de gran número de factores, como la

⁹ “Se considera a las distintas fuentes de energía tal como se obtienen en la naturaleza, ya sea: en forma directa como en el caso de la energía hidráulica, solar, la leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción como el petróleo, carbón mineral, geo energía, etc.” (OLADE, 2009: 9)

¹⁰ Corroborado por la Segunda Ley de la Termodinámica, la entropía, por la cual materia y energía se degradan continua e irreversiblemente, sin importar si se la utiliza o no.

calidad del aislamiento de calor o los agujeros existentes, y no únicamente de la eficiencia del equipo de climatización. Debido a estos otros factores no comúnmente considerados, la eficiencia total del hogar puede llegar a ser baja a pesar de la alta eficiencia del equipo de climatización.

La eficiencia operativa representa el valor de mayor importancia, ya que toma en cuenta todos los elementos de un sistema que pueden afectar los esfuerzos de eficiencia realizados. De esta forma, si la eficiencia operativa es mala, se la puede optimizar mediante el mejoramiento de la eficiencia de sus componentes individuales.

1.3.3 Competitividad por eficiencia en costos

La eficiencia en costos representa el costo de cumplir una tarea, en razón de la cantidad de trabajo realizado. Es una de las medidas más importantes de eficiencia, pues determina cuánto costará realizar determinado proceso energético.

Con algunos combustibles, aunque la eficiencia energética es alta, el costo del combustible es también alto; por lo tanto, la eficiencia en costos será baja. La mayoría de personas está más preocupada por la eficiencia en costos que por la eficiencia energética (y con frecuencia las toman como sinónimos)¹¹, y consideran aún menos la eficiencia operativa de un equipo.

Existe dificultad para calcular de manera integrada el nivel efectivo de competitividad en costos de las energías renovables, en comparación con las energías por combustibles fósiles. La CEPAL, con apoyo y reconocimiento de la Agencia Internacional de Energía (IEA), ilustra una manera de calcularlo a través de los Costos Nivelados de Energía (LCOE), método que permite comparar los costos de diferentes tecnologías de generación, a lo largo del tiempo de vida de las mismas (Coviello, 2008).

1.3.3.1 El Costo Nivelado de Energía (LCOE) y sus aplicaciones

El Costo Nivelado de Energía (del inglés “Levelized Cost of Electricity” (LCOE), o “Levelized Cost of Energy” (LCE)) es “el costo unitario constante (por kWh o MWh) de un flujo de pagos que tiene el mismo valor presente que el costo total de construcción y operación de una planta de generación eléctrica a lo largo de su vida útil” (Black & Veatch, 2009: 2). LCOE deviene en ser un sistema muy difundido y de mucha utilidad para comparar diferentes tecnologías de generación de energía eléctrica con diversas características de operación.

Coviello (2008: 32) procede, entonces, a “calcular el valor de LCOE para el cual el Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto energético es igual a cero. [...] el LCOE es el precio mínimo al cual se debe vender la energía para alcanzar el ‘break-even’ [punto de equilibrio o umbral de rentabilidad] de un proyecto.” Se calcula a partir de la siguiente integral de tiempo; en donde, para cada año “t”:

¹¹ Un ejemplo de su diferencia: si una persona utiliza la madera de su propio jardín para usarla en su chimenea y calentar el ambiente de su hogar, es eficiente en costos; sin embargo si existen grietas en el hogar por donde escapa el calor no es energético eficiente.

$$LEC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

- I_t = Gastos de inversión en el año "t"
- M_t = Gastos de operación y mantenimiento
- F_t = Gastos de combustibles
- E_t = Electricidad generada
- r = Tasa de descuento
- n = Tiempo de vida útil de la planta de generación de energía

Adicionalmente, el cálculo del LCOE incorpora las primas de riesgo para las inversiones privadas de generación, transportación y distribución energía eléctrica en mercados no regulados, las cuales requieren cobertura ante fluctuaciones de precios internacionales de combustibles y materias primas. Los LCOE también toman en cuenta los subsidios directos e indirectos, para ofrecer una comparación objetiva entre varias opciones tecnológicas (muchas incluyen a las externalidades sociales y ambientales) (Byrne et al, 2010).

El grupo Lazard (2010) ha realizado importantes estudios comparativos sobre los LCOE de diferentes fuentes primarias de energía, tanto convencionales como alternativas, con el fin de analizar si las tecnologías renovables pueden tener un costo competitivo con las tecnologías convencionales, ya sea ahora o en el futuro; así como para determinar las tecnologías más adecuadas para diversas aplicaciones basadas en requisitos de ubicación, transporte y otros factores. Éstos incluyen análisis de sensibilidad a los precios de los combustibles, precios del carbono, incentivos fiscales y los cambios del costo de capital.

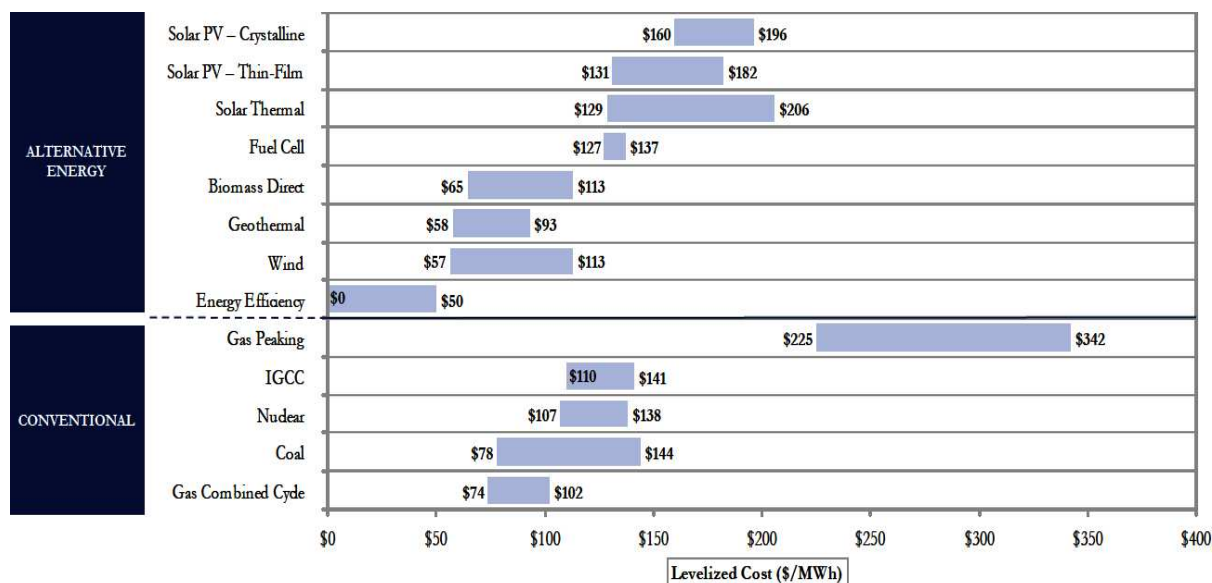
El estudio 3.0 de LCOE realizado por Lazard (2010: 17) concluyó que:

Las tecnologías alternativas de energía son complementarias a las tecnologías de generación convencionales, y se cree que su uso será cada vez más frecuente por una variedad de razones, incluidas las subvenciones del gobierno, las normas/cuotas de cartera renovable (RPS), y la continua mejora de la economía que conllevan las nuevas tecnologías al mejorar y aumentan los volúmenes de producción.

Lazard (2010) demostró de esta forma sencilla que varias tecnologías renovables de generación de energía no eran solo costo-competitivas comparadas con las tecnologías convencionales para el año 2010; sino que, de hecho, algunas de estas fuentes alternativas¹² (i.e. eólica, geotérmica y de biomasa) ya contaban con menores costos nivelados de energía y, por tanto, una mayor eficiencia en costos que sus pares convencionales (ver gráfico 3). Este resultado, trasladado al 2012, con los enormes adelantos tecnológicos alcanzados, además de la creciente escasez y alza de precios de los combustibles fósiles, implicaría una relación aún más favorable para las energías renovables.

¹² Cabe destacar que para el caso ecuatoriano se incorpora otro tipo de fuente energética renovable que, de hecho, posee la mayor eficiencia en costos para el país: la mini y gran hidroeléctrica.

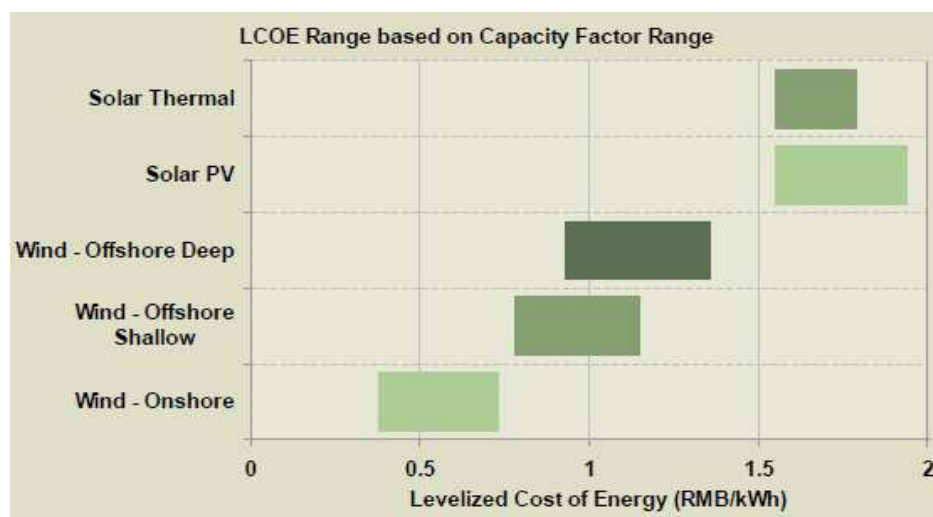
Gráfico N° 3. Comparación LCOE entre tecnologías convencionales y alternativas de generación de energía



Fuente y elaboración: Lazard, 2010: 3

Una vez comprobada la mayor eficiencia de costos por parte de algunas fuentes energéticas renovables, es necesario realizar un análisis LCOE que enfoque a la fuente renovable que se busca potenciar: la energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria (mediante SST).

Gráfico N° 4. Comparación LCOE entre tecnologías renovables de generación de energía



Fuente y elaboración: Black & Veatch, 2009: 2

Del gráfico 4 se aprecia que el costo nivelado de energía eólica es menor que el de energía solar (ya sea solar térmico o fotovoltaico), siendo la fotovoltaica la que posee el mayor rango de costos. El rango de precios mostrado demuestra las grandes diferencias que se producen por estos factores, según la fuente de energía específica.

1.3.4 Competitividad por eficiencia ambiental

La eficiencia ambiental es un término de creciente utilización en la actualidad. Hace referencia a la cantidad de trabajo realizado por un proceso, dividido por la cantidad de contaminación generada por ese proceso.

De esta forma, la eficiencia ambiental de la energía termoeléctrica es muy baja al funcionar a base de combustibles fósiles, como diesel y carbón. Por el contrario, la energía solar fotovoltaica y la solar térmica de baja temperatura (mediante SST) son muy ambientalmente eficientes, pues la cantidad de energía obtenida es muy alta mientras que la cantidad de contaminación generada es mínima.

La eficiencia ambiental es el argumento más utilizado en favor de las fuentes de energía renovables (incluso más que la eficiencia en costos). Pues, como se observó, la mayoría de fuentes energéticas renovables aún son menos eficientes en costos que sus pares fósiles (con excepción de la energía eólica, geotérmica y de biomasa). Esta relación cambiará a medida que se vuelvan más escasos los combustibles fósiles y a que la intervención estatal (i.e. mediante incentivos, regulaciones y normativas) provoque incrementos en el costo de los combustibles fósiles con el fin de internalizar sus externalidades negativas¹³, las cuales generan las pérdidas sociales.

1.4 El rol del Estado en el mercado de energías renovables

La teoría económica ortodoxa expone al mercado como el mecanismo asignador eficiente de recursos por excelencia; sin embargo, esta asignación de recursos aunque Pareto eficiente, es ciega ante categorías socio-ambientales, como la equidad, la justicia, los valores, la cultura y la naturaleza. Es, entonces, cuando se presentan inconsistencias con relación al bienestar económico y socio-ambiental, pues “cuando los valores ambientales son tenidos en cuenta, es posible que haya diferencias muy importantes entre los valores del mercado y los valores sociales” (Field, 1995: 80), provocando una serie de *fallos de mercado* que crean situaciones de ineficiencia, pérdidas de bienestar e inequidad; y ante lo cual se requiere la inminente intervención del Estado para subsanar estos fallos y regular a sus actores. Entre los distintos tipos de fallos de mercado relacionadas con el sector energético, cabe destacar a las externalidades, los bienes públicos, las asimetrías de información, los mercados incompletos o inexistentes y los mercados monopólicos.

El sector energético es clave para la generación del Producto Interno Bruto (PIB) y, por tanto, sector estratégico del Estado como motor de crecimiento económico, mejora de bienestar y potencial desarrollo sustentable (de ser correctamente direccionado este crecimiento). Por tanto, no es una excepción que las fallos de mercado imposibiliten una respuesta satisfactoria del mercado para con ciertas necesidades económicas, sociales y ambientales ligadas al sector energético. Entonces, no es

¹³ Los costos externos o externalidades -también llamados costos ambientales- incluyen aquellos costos y beneficios que resultan de las actividades productivas, de distribución y de consumo, pero que no se consideran en los costos privados de estas actividades. Esos costos son soportados por la sociedad en general, o por personas que necesariamente no son usuarios de la producción. “Las externalidades están normalmente asociadas con impactos en la salud, medioambientales y estéticos debido a las emisiones a la atmósfera, contaminación del agua, deposición de desechos y cambios en los usos de la tierra” (CEPAL, 2003: 3).

sensato avocar a un *laissez faire* del mercado sin el apoyo y la regulación del sector público. Pues se ha demostrado empíricamente, inclusive en el caso del Ecuador (explotación petrolera), que la lógica de mercado lleva a la explotación desmesurada de recursos energéticos convencionales, los cuales son ineficientes, altamente contaminantes y de operación subóptima; explotación impulsada por ansias de rentabilidad cortoplacistas y que ignoran las externalidades negativas causadas por su explotación¹⁴.

De igual manera, políticas no intervencionistas en el sector energético provocan desbalances energéticos por su extrema dependencia de combustibles fósiles (en su mayoría importados). Como se sabe, las tecnologías convencionales utilizan combustibles fósiles que provienen de la explotación de recursos naturales no renovables (en su mayoría agotables a mediano plazo); y, por tanto, se convierte en una inherente responsabilidad del Estado para que garantice la sostenibilidad de la dotación de los recursos no renovables extraídos, al tiempo que ataque las fallos de mercado mencionadas y que impulse una transición hacia las fuentes energéticas renovables.

En este contexto, surgen los mecanismos de incentivos como herramientas a disposición del sector público de creciente difusión, pues le permiten actuar al Estado como un verdadero ente regulador y corrector de fallos de mercado, en concordancia con las expectativas racionales de los individuos y las exigencias de los mercados. Estos incentivos son de necesaria y deseable aplicación para lograr un desarrollo de la mayoría de tecnologías energéticas renovables, pues a pesar de que muchas de estas ya son costo-competitivas con las tecnologías convencionales, existen asimetrías de información, externalidades no compensadas, mercados incompletos o inexistentes y casos de mercados monopólicos que no permiten el despegue de las energías limpias.

1.4.1 Incentivos impulsados por el sector público

Como primera aproximación a la definición de un incentivo, se puede afirmar que “es cualquier cosa que motiva la conducta humana o anima a un individuo a tomar una decisión en lugar de otra” (Cowen, 2008: 9). Por otro lado, Valencia (2007: 7) aporta con una definición valiosa de carácter más extensivo:

Los incentivos son ventajas económicas cuantificables que un gobierno otorga a una empresa o categoría de empresas [así como a personas naturales], para inducirlos a comportarse de determinada manera (generalmente orientando sus inversiones [o consumo, según el caso] hacia determinadas áreas geográficas o sectores económicos), consecuentemente los incentivos están dirigidos a incrementar la tasa de retorno o a reducir riesgos o costos de inversiones.

Se busca que los instrumentos económicos coincidan con las medidas estimuladoras o compensatorias que surgen de los mecanismos de mercado, de manera que se incida en los costes y ventajas de las diferentes líneas de conducta de los agentes económicos; y de esta forma, provocar una influencia representativa sobre los comportamientos de estos agentes, en un sentido favorable para el medio ambiente y la sociedad.

¹⁴ Adicionalmente, esta ineficiencia ha sido tradicionalmente apoyada inclusive desde el Estado a través de la concesión de subsidios desfocalizados y distorsionadores en favor de las energías convencionales que provocan, adicionalmente, enorme derroche de recursos y de costos de oportunidad, así como desincentivos al desarrollo de los mercados de energías renovables.

Entonces, con respecto al sector energético, los incentivos constituyen políticas públicas que pretenden motivar algún cambio de conducta productiva o de consumo de energía; así como a incrementar las tasas de retorno, reducir riesgos y costos de inversiones en fuentes energéticas menos competitivas, con el fin de potenciar su desarrollo y mejorar su competitividad.

1.4.2 Tipos de incentivos

Según la forma de incidencia de los instrumentos públicos para incidir en el mercado y en el comportamiento de los agentes, el Banco Interamericano de Desarrollo BID (Valencia, 2007: 7, 8, 11) y la Red de Políticas para las Energías Renovables en el Siglo 21 (REN 21, 2011a) dividen a los incentivos en tres categorías principales: fiscales, financieros y regulatorios.

A partir de dicha categorización, se presenta la tabla 2, en la cual se muestra una clasificación de los incentivos con sus respectivas categorías principales, tipos de incentivos y subdivisiones; procurando servir como esquema base para diferenciar de mejor forma los incentivos a disposición del sector público. Estos se definen y detallan a continuación.

1.4.2.1 Incentivos fiscales

Los incentivos fiscales constituyen beneficios por renuncias de obligaciones tributarias para con el fisco o mediante pagos directos del fisco en forma de devoluciones o subvenciones. Éstos se encuentran direccionados a individuos, hogares o compañías, con el fin de incentivar el desarrollo y consumo de energías renovables. REN 21 (2011 b), incluye tres subgrupos de incentivos fiscales: subsidios al capital, subvenciones y devoluciones; incentivos tributarios; y pagos por energía producida.

Pagos por energía producida (REP)

Constituye un pago directo por cada unidad de energía renovable producida por parte de la instancia de gobierno responsable. Normalmente éste se direcciona hacia la generación de energía eléctrica renovable y, por tanto, sus fuentes renovables más comunes: eólica, solar fotovoltaica y solar térmica concentrada (REN 21, 2011 b).

Los pagos por energía producida (REP) han demostrado ofrecer beneficios adicionales sobre el empleo local, al igual que sobre el desarrollo de las empresas y de las economías donde se implementa, así como un importante impulso al acceso al crédito por parte de instituciones financieras.

Subsidios & subvenciones

Constituyen pagos de una sola ocasión (lump sum payments) dirigidos desde un gobierno o empresa pública para cubrir un porcentaje del costo de capital de una inversión en energías renovables (en especial para energías limpias de pequeña escala, descentralizadas y situadas cerca de los hogares, como los SST). A su vez, los subsidios y subvenciones pueden ser una cantidad fija, un porcentaje de la inversión (o costo) del equipo, o una suma proporcional a la cantidad de energía ahorrada (REN 21, 2011 b).

Los subsidios al capital generalmente están dirigidos a sectores comerciales, industriales, de servicios públicos, como educación y salud, y diversos programas que alientan la I + D de energía limpia o apoyan al desarrollo de un mercado específico. Por otro lado, los programas de devoluciones al consumidor ofrecen a los clientes comerciales y residenciales un reembolso por la compra de ciertos equipos de energía limpia, por lo general dirigidos hacia SST y fotovoltaicos.

Sin embargo, un esquema de subvenciones implica siempre la necesidad de una estructura administrativa para el procesamiento y aprobación de las aplicaciones, así como un presupuesto para cubrir costos. Considerando que el presupuesto es limitado, necesariamente implica un límite al número de aplicaciones aprobadas, ya sea mediante descarte por orden de llegada u otro criterio como un enfoque social permitiendo que sea la población vulnerable la que obtenga el derecho a recibir la subvención o reembolso (ESTIF, 2006).

Incentivos tributarios

“Los incentivos tributarios constituyen instrumentos de renuncia fiscal, por medio de los cuales se busca afectar el comportamiento de los actores económicos a un costo fiscal limitado” (Jiménez y Podestá, 2009: 15); pues, en general, se busca que un impuesto maximice la recaudación tributaria al tiempo que minimiza la afectación al comportamiento de los agentes económicos; mientras que los incentivos tributarios procuran maximizar la afectación al comportamiento de los agentes a un costo de recaudación mínimo.

“Los incentivos tributarios son un medio eficaz de reducir los costos de capital para energías limpias; además, en general son fáciles de comprender y ser utilizados por los consumidores” (UNEP, 2009: 25). Adicionalmente, tienen la ventaja de no estar restringidas a un presupuesto limitado y de incurrir en bajos costos administrativos; por lo que puede haber un límite infinito de aplicaciones aprobadas, contribuyendo a crear un escenario positivo para las inversiones en industrias de SST y su consumo sostenido, especialmente si se tiene la certeza que el incentivo tributario durará varios años (ESTIF, 2006).

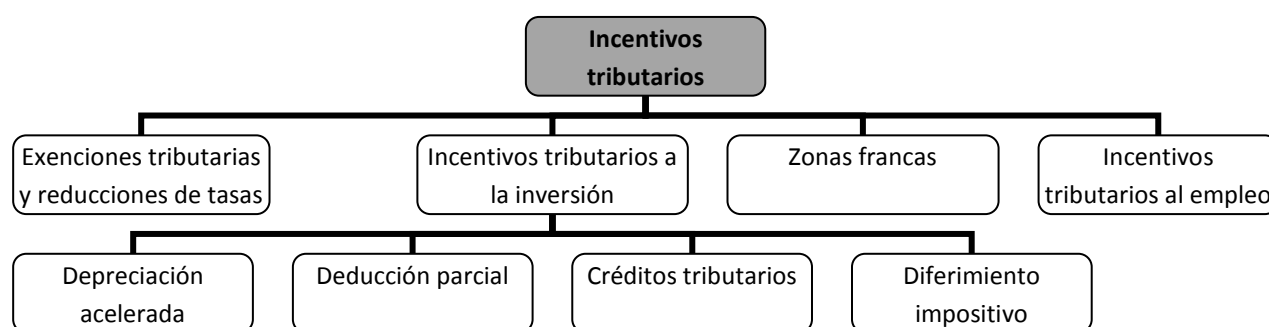
A pesar de que los incentivos tributarios tienen el mismo efecto monetario que las subvenciones directas, su efectividad puede ser menor, debido a que la deducción impositiva no se materializa sino hasta años después de haber adquirido los SST (cuando se declara el impuesto a la renta). Por otro lado, los incentivos tributarios tienen la ventaja de eliminar la necesidad de aplicar por una subvención antes de comprar el SST, por lo cual se reduce drásticamente el procedimiento necesario

para recibir el incentivo tributario, así como el período de espera entre la aplicación de la subvención y su aprobación (ESTIF, 2006).

Por último, se debe recalcar que los incentivos tributarios pueden traer efectos socialmente injustos, pues los hogares de bajos ingresos pagan poco o nulo impuesto a la renta, ante lo cual su deducción posible es menor para los hogares de ingresos medios y altos. Sin embargo, se puede aplicar un esquema focalizado que permita recibir un subsidio por el porcentaje del costo del equipo que no pudo ser deducido del impuesto a la renta, tal como se realiza en Francia (ESTIF, 2006).

La CEPAL (Jiménez y Podestá, 2009: 15) subdivide a los incentivos tributarios en cuatro tipos: exenciones y reducciones tributarias; incentivos tributarios a la inversión (depreciación acelerada, deducción parcial, créditos tributarios, diferimiento impositivo); zonas francas con tratamiento tributario privilegiado (derechos de importación, impuesto a la renta, impuesto al valor agregado); e incentivos tributarios al empleo (rebajas en impuestos por la contratación de mano de obra) (ver tabla 3). “Si bien los tres primeros buscan generar un impacto positivo sobre la inversión, aunque también pueden afectar el logro de los otros objetivos, las rebajas de impuestos por la contratación de trabajadores están orientadas a una finalidad diferente [i.e. generación de empleo verde]”.

Tabla N° 3. Subclasificación de incentivos tributarios



Fuente: Jiménez y Podestá, 2009

Elaboración: Iván González G.

Exenciones tributarias y reducciones de tasas

Heller y Kauffman (1965: 38) definen a la exención como “una medida de corto plazo cuyo propósito es otorgar un aliciente tributario temporal a la nueva inversión”. El periodo de exención es limitado y las empresas comúnmente operan con pérdidas o utilidades reducidas en los primeros años. Por tanto, la selección del momento en que comience la exención impositiva podría ser un determinante que afecte sustancialmente la viabilidad y sostenibilidad en el tiempo de las empresas. Se puede ubicar tres temporalidades para aplicar la exención impositiva del impuesto a la renta corporativo: periodo preoperativo, operativo y de obtención de utilidades. Adicionalmente,

La exención de impuestos [ya sea al impuesto a la renta o al impuesto al valor agregado IVA], constituye un gran incentivo tanto para los fabricantes como para los consumidores de SST. Para los fabricantes es un buen incentivo ya que al mantener un precio bajo, los consumidores estarán más incentivados a comprar más SST. Para los consumidores es igualmente un buen incentivo, ya que el

precio se mantiene bajo y, por tanto se vuelve más accesible para los hogares de ingresos medios (sector donde se encuentra la mayor demanda de SST) (Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73:).

Incentivos tributarios a la inversión

La tabla 4 revela los cuatro subtipos de incentivos tributarios que potencian la inversión: depreciación acelerada, deducción parcial, créditos tributarios y diferimiento impositivo.

Tabla N° 4. Subclasificación de incentivos tributarios a la inversión

Incentivos tributarios a la inversión	
	<p data-bbox="742 748 943 779">Deducción parcial</p> <p data-bbox="317 781 1369 875">Consiste en la posibilidad de deducir una fracción de la inversión sobre la base imponible del impuesto a la renta empresarial. “El valor del beneficio es, por tanto, el producto de la deducción por la tasa del impuesto” (Roca, 2010: 31)</p> <p data-bbox="317 911 1369 1068">Según el BID (Roca, 2010) este incentivo alienta la nueva inversión, pues ésta es requisito para aplicar a este beneficio. De igual forma, es de implementación sencilla (automática) y transparente. Por último, el costo financiero (total o parcial) de la inversión establece un tope a la tasa que percibe el inversor privado, eliminando la posibilidad de fuertes distorsiones en la asignación de recursos.</p> <p data-bbox="317 1104 1369 1391">Sin embargo “si la deducción no es rembolsable o no se admite <i>carry forward</i> [utilizarse en los siguientes ejercicios] por el exceso de la deducción, el incentivo será poco efectivo en el caso de nuevas empresas que tendrían pérdidas fiscales los primeros ejercicios” (Roca, 2010: 32). Empero, según Heller y Kauffman (1965: 45), se puede solucionar el problema a través de “una disposición que permita trasladar las deducciones hacia adelante o hacia atrás y que admita que las deducciones no utilizadas se tomen en años en que exista suficiente ingreso”. De esta manera, se podrán adquirir los activos sin necesidad de contar con un ingreso gravable suficiente, pudiendo postergarse la deducción para años que se cuente con suficiente ingreso deducible.</p>
	<p data-bbox="710 1500 975 1532">Depreciación acelerada</p> <p data-bbox="301 1534 1383 1659">Radica en un beneficio estrictamente financiero que consiste en “conceder un cronograma de depreciación más rápido [en porcentajes anuales mayores] para determinadas inversiones o sectores. Dicho de otro modo, la tasa de depreciación fiscal es superior a la de depreciación económica, cuya estimación no está exenta de problemas” (Roca, 2010: 33)</p> <p data-bbox="301 1695 1383 1821">Al permitirse una mayor depreciación, el inversionista tendrá menor carga tributaria; pues, contablemente, sus activos amortizables tienen menor Valor Actual Neto (VAN) y, por tanto, pagan menos impuestos. De esta forma, la medida funciona como incentivo para que el empresario siga invirtiendo en estas tecnologías.</p>

Diferimiento impositivo

Constituye un período de gracia para el pago de las obligaciones tributarias por parte de un agente económico, con el requisito de que éste invierta en algún tipo de bien/servicio que se busca impulsar (ej. SST) y cumpla con los requisitos legales estipulados (Jiménez y Podestá, 2009).

Representa un incentivo a corto plazo, pues no se pueden extender indefinidamente los plazos del pago de las obligaciones tributarias. Adicionalmente, estos incentivos “no se incluyen como gastos tributarios porque se considera que no constituyen una pérdida definitiva de recaudación [...]; es decir, sólo existe una postergación en el pago del tributo” (Jiménez y Podestá, 2009: 38).

Créditos tributarios

“Deducción de una fracción de la inversión de la deuda tributaria por el impuesto sobre la renta empresarial. El exceso de la deducción sobre el impuesto a pagar puede perderse, utilizarse en los siguientes ejercicios (carry forward) o ser rembolsado” (Roca, 2010: 33). De esta forma, el crédito tributario constituye un saldo a favor por parte del sujeto pasivo del impuesto a la renta; y como tal, podrá deducir un porcentaje de la inversión que este realice en energías renovables en los próximos ejercicios económicos, donde podrá restar este crédito tributario del total del impuesto causado en su declaración anual.

Según Roca (2010), constituye un esquema similar al incentivo de deducción parcial, por lo que las consideraciones mencionadas se cumplen también para los créditos tributarios; sin embargo, el crédito tributario no establece un límite inferior a la tasa que percibe el inversor.

Constituye un incentivo tributario ampliamente difundido para la promoción de energías renovables, pues permite que las inversiones renovables sean deducidas parcialmente o totalmente de las obligaciones tributarias del inversionista. De igual forma, como lo señala el World Energy Council (2012), “junto con los incentivos por depreciación acelerada, son considerados mejores que los subsidios debido a sus menores costos. Estos son efectivos si la tasa de recaudación es lo suficientemente alta. Sin embargo, tienen un desempeño pobre en economías en recesión.”

Elaboración: Iván González G.

1.4.2.2 Incentivos financieros

Los incentivos financieros, por su parte, comprenden la provisión de fondos públicos para el desarrollo de proyectos de energía renovable “a través de subsidios para cubrir total o parcialmente proyectos de prefactibilidad, la concesión de crédito a tasas preferenciales y cualquier otro esquema que involucre transferencias del gobierno a los inversionistas, incluyendo al Estado en el capital social de empresas” (Valencia, 2007: 8).

La disponibilidad de fondos para el desarrollo de energías renovables es fundamental para su crecimiento sostenido. Existen dos métodos principales de financiamiento público que los gobiernos disponen para apoyar la asignación de capital en el sector renovable: a través del financiamiento directo para su implementación (inversiones y préstamos públicos), y mediante un sistema de adjudicación de contratos (licitaciones públicas). El apoyo financiero de gobiernos nacionales y locales contribuye tanto a desarrollar infraestructura y adjudicación de contratos para la construcción y operación, como a desarrollar cantidades fijas de capacidad de energía renovable (REN 21, 2011b).

Inversiones públicas

Constituyen servicios energéticos prestados por corporaciones gubernamentales, a un costo más bajo que el de mercado, mediante la inversión pública directa en infraestructura energética y en investigación y desarrollo. En algunas ocasiones incluyen actividades para facilitar el acceso a los mercados mediante fondos de financiamiento públicos para inversiones, garantías, información, capacitaciones, etc.

Sin embargo, cabe recalcar que estas inversiones públicas pueden traer consigo altos costos de transacción, problemas de riesgo moral y de acceso al crédito, asimetrías de información y trámites burocráticos excesivos.

Préstamos preferenciales y garantías de préstamos

Los préstamos preferenciales “son préstamos ofrecidos a tasas de interés subsidiadas [muy bajas o incluso nulas] por los gobiernos (i.e. tasas por debajo del nivel de mercado)” (World Energy Council, 2012). En algunas ocasiones, estos préstamos proveen otras concesiones a los prestatarios, como plazos más largos para el pago de la cantidad adeudada o exoneraciones temporales del pago de intereses.

Este tipo de préstamos es muy útil para promover tecnologías y equipos renovables, como los SST para calentamiento de agua sanitaria, pues “el préstamo lleva a que se difundan los costos de inversión de tal forma que los costos ahorrados por los SST puedan ser utilizados para pagar el préstamo” (ESTIF, 2006: 18).

Las garantías de préstamos, por su parte, son instrumentos financieros que permiten que sea un garante tercero (normalmente el gobierno) quien responda por la obligación adeudada en caso de que el prestatario la incumpla, y de esta forma sea este garante quien respalde la garantía. En general, la mayoría de los programas de garantía de préstamos se otorgan para corregir fallos de mercado por asimetrías de información, típicos del sistema financiero (i.e. selección adversa y riesgo moral), provocando que pequeños prestatarios, independientemente de su capacidad de solvencia, no tengan acceso a los créditos que si están disponibles para grandes prestatarios. Adicionalmente, este mecanismo es muy útil para estimular la comercialización temprana de tecnologías de energía limpia, pues, esencialmente, las garantías de préstamos:

Reducen el costo de capital y de construir un proyecto de energía limpia, y esta reducción de precios permite que el proyecto sea comercialmente viable hasta el punto que de otro modo sería imposible. [...] la garantía puede ser de hasta el 100 por ciento del costo del préstamo y puede ser calibrada para garantizar un porcentaje máximo del coste total del proyecto de energía limpia (UNEP, 2009: 7).

Licitaciones públicas

Procedimiento competitivo que permite que el Estado escoja una empresa para que sea la oferente oficial del producto o servicio buscado, de entre un número de oferentes posibles que compiten por estándares de precio y calidad. El objetivo es poner varias empresas que compiten para ofrecer un

producto o servicio y, así, aprovechar el mecanismo de competencia de mercado para obtener los precios más bajos y la calidad más alta posible.

Con un proceso de licitación completamente transparente, puede ser muy efectivo para promocionar energías renovables de generación privada mediante contratos que permitan construir y operar proyectos específicos o cantidades fijas de energía renovable, ya sea a aparatos del Estado (ej. energía eléctrica por energía eólica privada), y a la ciudadanía en general (ej. producción de SST para calentamiento de agua que serán subsidiados para una ciudad); con el objetivo de reducir el precio de suministrar energía renovable (REN 21, 2011b).

1.4.2.3 Incentivos regulatorios

Por último, la tercera categoría de incentivos involucra a los incentivos regulatorios, los cuales limitan la discrecionalidad u obligan a que se cumplan ciertos tipos de comportamientos por parte de los agentes (individuos y organizaciones). Estos se aplican de mejor forma cuando los buenos comportamientos pueden ser fácilmente definidos y cuando los malos comportamientos pueden ser fácilmente regulados y castigados con multas y sanciones (Valencia, 2007).

El marco regulatorio es tan importante como los incentivos fiscales para potenciar el uso de energías renovables. Los instrumentos regulatorios más utilizados para promover energías renovables son: tarifas preferenciales (feed-in tariff) para generación eléctrica; cuotas mínimas de energía renovable en instituciones públicas (utility quota obligation o renewable portfolio standard); medición neta o balance neto de electricidad (net metering); mandatos para la utilización obligatoria de tecnologías limpias; y los certificados de energías renovables transables (tradable REC) (REN 21: 2011b).

Tarifas preferenciales “Feed-in tariff”

También conocido como “Tarifa Avanzada de Energías Limpias” o “Tarifa EEG”, es un mecanismo de política diseñado para acelerar la inversión en tecnologías renovables de generación eléctrica. Se basa en el ofrecimiento de contratos a largo plazo para productores de electricidad mediante fuentes energéticas renovables (normalmente eólica y solar fotovoltaica), que garantiza al productor un determinado precio por la electricidad generada durante un tiempo determinado. Por lo general, el precio se basa en el costo de generación energética, el cual varía para cada tecnología renovable.

Con las tarifas preferenciales se benefician tanto inversionistas privados como los países, ya que incorporan tecnología y conocimiento, pues “mediante el precio preferente se reconocen costos mayores y se otorga prioridad en la prelación de pago, mecanismos que incentivan la inversión en estas tecnologías” (Castro, 2011: 100).

Normas de Cartera Renovable (RPS)

Una cuota de cartera renovable es una cantidad mínima de energía eléctrica generada por fuentes renovables exigida por mandato para con las corporaciones públicas y privadas. Se puede cumplir con este requisito mediante generación propia, por compra a un generador tercero, o en su defecto, compras de certificados de obligación renovables REC. La mayoría de las políticas de RPS se centran

en establecer un porcentaje fijo de generación de electricidad por medios renovables, aunque algunas establecen el requisito basado en capacidad total de generación de electricidad de cada corporación (REN 21, 2011a).

Medición Neta o Balance Neto de Electricidad (Net Metering)

Esquema bidireccional que permite a los consumidores locales que poseen unidades de generación de energía eléctrica limpia dirigir a la red principal todo exceso de electricidad generada por sus fuentes independientes y recibir a cambio una compensación económica. Un medidor bidireccional mide la electricidad que fluye desde la red a los consumidores y desde los consumidores a la red, y el consumidor paga solo por la electricidad neta utilizada en la red; beneficiando sobretodo al consumidor por los precios minoristas que obtiene por suministrar electricidad a la red, al tiempo que contribuye al desarrollo de tecnologías renovables de generación eléctrica (REN 21, 2011b).

Obligaciones y mandatos renovables

Establecen exigencias de cumplimiento de un mínimo porcentaje (con frecuencia progresivamente incremental) de generación de energía mediante fuentes renovables; “ya sea como un porcentaje fijo de la oferta de energía o como un porcentaje en función de su capacidad de generación. Los costos son generalmente asumidos por los consumidores” (REN 21, 2011a: 92).

Sin embargo, estos incentivos regulatorios tienen la característica de no limitarse estrictamente a promover la generación de electricidad por fuentes renovables, pues

Además de los mandatos de generación de electricidad a través de certificados de obligación renovable (REC) y cuotas de cartera renovable (RPS), los mandatos pueden incluir códigos u obligaciones de construcción que exigen la instalación de tecnologías renovables de calor [ej. SST, mediante ordenanza municipal] y electricidad, en combinación con inversiones en eficiencia energética [i.e. reacondicionamiento energético “energy retrofit”]; así como mandatos de compra de calor generado por fuentes renovables, y mandatos para utilización de biocombustibles en el transporte (REN 21, 2011a: 92).

Certificados de Obligación Renovables (REC)

REC, del inglés *Renewable Energy Certificate*, es también conocido como Certificado de Obligación Limpio, y constituye

Un certificado negociable pero no tangible que se otorga para certificar la generación de una unidad de energía eléctrica por fuentes renovables (típicamente de 1 MWh de energía eléctrica pero también con menos frecuencia de calor). Los certificados pueden ser acumulables con el fin de cumplir con los mandatos exigidos de energía renovable y también proporcionar una herramienta para el comercio entre los consumidores y productores. También representan un instrumento que promueve la compra voluntaria de energía verde (REN 21, 2011a: 92).

En Australia se divide a los REC según su capacidad de generación en: Certificados Renovables de Gran Escala (LTC) y Certificados Renovables de Pequeña Escala (STC). Estos últimos se los implementa para la promoción de energía solar térmica para calentamiento de agua, de manera que cada SST genera su propia cantidad de STC según la cantidad de electricidad (MW/h) generada en el

transcurso de su vida útil (ORER, 2012). Los propietarios de SST pueden optar por asignar sus STC a un agente financiero registrado, a cambio de una retribución económica según los precios de mercado de STC (entre USD 15 y USD 40 por cada STC); por otro lado, pueden optar por generar sus propios STC cumpliendo un proceso definido, para finalmente obtener los certificados en el “REC Registry” y buscar un comprador de los mismos o colocar los STC en el mercado de valores online de nombre “STC Clearing House”.

1.4.2.4 Otros tipos de incentivos

En la tabla 5 se exponen otros tipos de incentivos renovables no mencionados con anterioridad, pero que están relacionados con las políticas de incentivos regulatorios, y que pueden ser de gran utilidad para el desarrollo de energías renovables:

Tabla N° 5. Otros tipos de incentivos a las energías renovables

Nombre del Incentivo	Detalle
Licencias para contratistas	Licencias para garantizar que contratistas instaladores de sistemas de energía renovable tengan la experiencia y conocimientos necesarios para una correcta instalación y mantenimiento de los equipos.
Certificación de equipos	Requiere que los equipos de energía limpia cumplan las normas establecidas, lo cual garantiza la calidad de los equipos vendidos y reduce los problemas de riesgo moral y selección adversa por equipos de mala calidad. Por ejemplo, en EEUU se exige que los equipos de energía solar cuenten con certificación OG-300 y OG-100 del "Solar Rating and Certification Corporation (SRCC)".
Políticas de divulgación, información y sensibilización	Las políticas de divulgación consisten en campañas de promoción masivas que ofrezca información gratuita acerca del abastecimiento energético actual de los consumidores, así como los beneficios que obtendrían al optar por fuentes energéticas renovables.
Leyes de acceso a energías renovables	Políticas que faciliten el desarrollo de fuentes de energía renovable de generación eléctrica, asegurando legalmente que estas fuentes tengan igual o mejor tratamiento y posibilidad de acceso a interconectarse con la red principal.
Mercados de carbono	El acceso a mecanismos de desarrollo limpio (MDL) por reducciones de emisión de gases de efecto invernadero gracias a la sustitución de fuentes convencionales de generación de energía deviene en ser un importante incentivo para el desarrollo de energías renovables debido a las fuentes extraordinarias de ingresos recibidas.

Fuente: REN 21, 2011a; Beck y Martinot, 2004: 2.

Elaboración: Iván González Gordón.

1.4.3 Inconvenientes de los incentivos

Valencia (2007: 8) señala que:

Diversos estudios reconocen las limitaciones en la efectividad de los incentivos y existe un consenso que otros aspectos sustanciales del clima de inversión pueden ser más relevantes para los inversionistas para determinar la localización de la inversión.

Para potenciar los efectos de los incentivos se debe mejorar la calidad de las instituciones, capacitar la fuerza de trabajo, desarrollar la infraestructura de un país, o aplicar un esquema de incentivos

regulatorios relacionados con procesos de políticas de competencia, integración regional, y reforzamiento de la gobernabilidad (Valencia, 2007)

Adicionalmente, existen ciertos inconvenientes que pueden generar los sistemas de incentivos, en algunas ocasiones en forma de externalidades negativas. Uno de ellos consiste en la provocación de competencia agresiva entre países e incluso entre regiones de un mismo país; pues, puede convertirse en un círculo vicioso en el cual cada país trata de superar los incentivos que ofrecen sus países competidores comerciales. Otro inconveniente importante que se puede argumentar es que se introducen “distorsiones” en los sectores industriales no beneficiados, de manera que:

Se favorece a ciertas industrias o sectores específicos, o se desestimula las inversiones existentes cuando los incentivos están dirigidos a industrias nuevas, pudiendo en estos casos incluso generarse una situación de competencia desleal (ej., las nuevas inversiones no pagan impuesto, pero las antiguas sí). También no es inusual que los incentivos tributarios se concedan a grandes proyectos, dejando en una situación desfavorable a las PyMes [pequeñas y medianas empresas] locales. Todo ello puede generar presiones para extender los incentivos a sectores o zonas inicialmente no contempladas, elevando el costo de los incentivos (Valencia, 2007: 11).

Otro efecto indeseado de los sistemas de incentivos tributarios, sobretudo en países con deficiencias institucionales, es que “se puede minar los procesos de gobernabilidad al generar terreno propicio para la corrupción y comportamientos rentistas de los agentes económicos, desestimulando el espíritu empresarial y de libre competencia” (Valencia, 2007: 11).

Por último, una preocupación general es la dificultad de establecer las magnitudes de los incentivos tributarios o fiscales que correspondan a los beneficios esperados de la inversión y consumo que se desea promover. A esto se agrega la dificultad de diseñarlos de manera que se orienten únicamente a la inversión marginal y al consumo marginal, que no se materializa en ausencia de incentivos.

1.4.4 Características de un sistema de incentivos óptimo

Según ESTIF (2006) los principios que debe cumplir un paquete de incentivos óptimo que minimice los inconvenientes y riesgos recientemente mencionados, son: continuidad, simplicidad, consistencia y transparencia, viabilidad y dimensión, regulación, institucionalidad y garantías (ver tabla 6). Considerando estas condiciones para incentivos eficientes, se busca cumplir al menos seis fines planteados por Valencia (2007), mostrados en la tabla 7.

El tipo, tamaño, duración y combinación de los sistemas de incentivos a aplicarse depende del contexto de cada mercado, que contará con características únicas de acuerdo a cada jurisdicción, recursos y tecnologías disponibles. Por ello, Heller y Kauffman (1965) advierten que las combinaciones de incentivos provocarán variaciones sustanciales de clases, extensiones, duraciones y beneficios obtenidos según la estructura de estos incentivos, el país y la economía a tratarse.

Los programas de incentivos bien diseñados pueden jugar un rol importante en incrementar la competitividad de las energías limpias si son implementados bajo los principios y fines mencionados.

Es entonces de carácter crítico estructurar un sistema de incentivos óptimo, cuyas combinaciones de políticas fiscales, financieras y regulatorias estén sujetas a regulaciones efectivas y constantes.

Tabla N° 6. Características de un sistema de incentivos óptimo

Principio	Detalle
Continuidad	Se debe exigir continuidad, pues un apoyo esporádico o a corto plazo es el factor que más lleva al fracaso de un sistema de incentivos. En algunos casos, la disponibilidad esporádica del incentivo conduce a una dinámica <i>Stop & Go</i> del mercado que perturba gravemente el desarrollo de estructuras de mercado saludables. Esta característica es, en ocasiones, más importante que la misma elección del sistema de incentivos a implementarse, pues una discontinuidad y falta de credibilidad del sistema de incentivos no solo lleva a un fracaso de las industrias oferentes de SST (e industrias secundarias) sino también a disminuciones drásticas de la demanda hasta que se reactive el apoyo por incentivos, provocando fuertes efectos de estancamiento o incluso decrecimiento del mercado.
Simplicidad, consistencia y transparencia	Buscar que sea consistente, de manera que se eviten contradicciones o conflictos con otras políticas al presentarse efectos secundarios (o “incentivos perversos”) con repercusiones negativas sobre otras áreas de la economía. Adicionalmente, debido a la posibilidad de corrupción, se deben diseñar en base a reglas automáticas y transparentes sobre indicadores objetivos y simples de modo que el elemento discrecional sea mínimo, pues un sistema automático demandará menos capacidades institucionales y regulatorias que uno discrecional. De igual forma, asegurar la difusión, promoción y divulgación correcta del sistema de incentivos para con la población, de manera que se socialice su funcionamiento y ventajas potenciales de cumplirse las condiciones establecidas.
Viabilidad y dimensión	La jurisdicción que soporta el incentivo debe reflejar la realidad fiscal del país en cuestión y reducir el riesgo para los consumidores de no recibir el incentivo si la demanda es mayor a la esperada. Este debe ser lo suficientemente grande como para promover la inversión sin llegar a ser demasiado grande como para socapar recursos del gobierno.
Regulación	Proporcionar un monitoreo adecuado y constante, con sus respectivos análisis y evaluación de resultados, dando un seguimiento a los impactos de los programas de incentivos. Estas evaluaciones deberían ser públicas, en cooperación de expertos del mercado de SST (industria, instaladores, arquitectos, constructoras, etc.), y sujetas a la validación por la academia, con el fin de eliminar o perfeccionar los diferentes mecanismos de incentivos a tiempo.
Institucionalidad	Mejorar la planificación, gestión y control a través de una fuerte organización estatal con uso de herramientas modernas y desarrollo permanente del capital humano en un marco institucional que genere respaldo y garantice eficiencia, al tiempo que esté diseñado complementariamente con otras políticas institucionales que lo potencien y regulen proporcionando orientación a responsables políticos sobre los cambios programáticos necesarios para optimizar el incentivo.
Garantías	Debe estar acompañado de mecanismos que garanticen tanto el correcto funcionamiento del incentivo como de los equipos que se desee potenciar. Por ejemplo, un SST debe contar con, al menos, un tipo de certificación nacional e internacional de equipos que aprueben requerimientos mínimos de calidad con el fin de prevenir que los SST de mala calidad reciban los incentivos; así como contar con licencias para contratistas, a manera de prevenir tratados con contratistas sin licencia ni conocimientos profundos sobre la instalación de los equipos.

Fuente: ESTIF, 2006.

Elaboración: Iván González G.

Tabla N° 7. Fines buscados para una política de incentivos óptima

Fin	Detalle
Fomentar la productividad	Impulsar la capacitación, inversión e I&D en nuevos equipos y maquinarias.
Generar empleo local	Fortalecer las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) y su generación de empleo local, mediante ventajas tributarias, financiamiento preferencial, garantías y provisión de capital accionario.
Desarrollo regional equilibrado	Fortalecer la industria periférica, evitando exoneración tributaria que puedan generar una transferencia de inversión de una localidad a otra (y no necesariamente un incremento en el volumen global de la inversión).
Promover un consumo consciente	Incentivar un consumo consciente, responsable, no derrochador de recursos, amigable socio-ambientalmente y con visión sustentable.
Promover el espíritu empresarial	Minimizar riesgos empresariales, altos costos de entrada y salida, los comportamientos rentistas y corrupción. Ej: mediante programas que canalicen flujos de remesas (segundo rubro de ingresos más alto del Ecuador, después de la exportación de petróleo) hacia el sector productivo y no inmobiliario especulativo.
Promover actividades exportadoras	Promover y fortalecer acuerdos de comercio regional, zonas francas y normas regionales favorables para un comercio mutuamente beneficioso, ético y transparente.

Fuente: Valencia, 2007.

Elaboración: Iván González G.

Capítulo 2: Beneficios de la utilización de calentadores solares frente a las tecnologías convencionales de calentamiento de agua

Las tecnologías de generación de agua caliente sanitaria pueden ser convencionales (por fuentes energéticas no renovables) y no convencionales (o renovables). Entre las primeras, destacan los calefones a gas (ya sea por GLP o gas natural) y las duchas eléctricas (cuya generación, a su vez, puede provenir de fuentes energéticas renovables o no renovables¹⁵). Por otro lado, las tecnologías no convencionales se encuentran compuestas principalmente por sistemas solares térmicos (SST), sistemas de calentamiento por biomasa (ignición de combustibles de origen biológico y un intercambiador de calor para suministrar agua caliente) y sistemas térmicos-eólicos (aprovechan la energía mecánica, por rozamiento mecánico o por compresión de un fluido refrigerante de una bomba de calor).

Para el caso ecuatoriano, las tecnologías de generación de agua caliente sanitaria más comunes son los calefones a GLP y las duchas eléctricas, con una respectiva participación del 12% y 55% dentro de los hogares ecuatorianos (un 33% no dispone agua caliente sanitaria) (Manzano, 2011: 11.). Ante esta situación, se busca potenciar el uso de los SST como alternativa energética para calentamiento de agua sanitaria, pues constituyen los sistemas de generación renovable de agua caliente sanitaria más desarrollados y difundidos a nivel global, además de presentar una serie de beneficios económicos, sociales, ambientales, entre otros que se mencionarán posteriormente.

Ya que la utilización del GLP para calentamiento de agua sanitaria mediante calefones involucra una serie de costos directos (importaciones y subsidios al GLP) e indirectos (pérdidas no técnicas por contrabando a países fronterizos), es indispensable detallar su costo para el Estado ecuatoriano, pues, como se verá a continuación, el GLP y el respectivo subsidio devienen en ser una verdadera problemática nacional.

2.1 Calefones y gas licuado de petróleo: un gran costo para el Estado

Alberto Acosta (2007) define a los subsidios como un apoyo económico oficial para atender necesidades de la población, ya sean individuales o colectivas. A su vez, los subsidios constituyen un costo social que asume el Estado en favor de la población, para que ésta no incremente su costo de vida y sufra una pérdida de bienestar.

¹⁵ Para el caso ecuatoriano, en el año 2008 la generación eléctrica provino en un 59% de hidroeléctricas (con una expansión planificada del 86% para el período 2009-2020), en un 38% de termoeléctricas (quema de combustibles fósiles) y en un 3% de interconexión con Colombia y Perú. El aporte al año 2011 de las fuentes de energía renovable a la matriz eléctrica es marginal, pues apenas alcanza 0,014% en energía eólica y el 0,0002% en energía solar (Castro, 2011: 10).

Por otro lado, la IEA (Weiss y Mauthner, 2011: 11) define a los subsidios como:

Una transferencia de recursos económicos realizada por el Gobierno para el comprador o productor de un bien o servicio, con el fin de reducir el precio a pagar por el consumidor final o reducir el costo de producción de un bien o servicio.

Con respecto a los subsidios energéticos, la Organización Latinoamericana de Energía OLADE los define como “un pago en efectivo realizado por un gobierno a un productor o a un consumidor de energía, a manera de estimular la producción o el uso de un combustible en particular o de un determinado tipo de energía” (Ríos et al, 2007: 7). O, de forma más general, “cualquier intervención del gobierno en el sector que implique reducir los costos de producción, incrementando los precios recibidos por los productores de energía o reduzca los precios que pagan los consumidores de energía.” (IEA, 1999; citado en Ríos et al, 2007: 10)

La Agenda Energética 2007-2011 recalca la importancia y urgencia de “definir una política nacional [sostenible] de precios de la energía como herramienta de política energética, económica y social” (Acosta, 2007: 86), pues la ausencia y la ineficiencia de políticas y estrategias de precios han provocado una situación insostenible en la que:

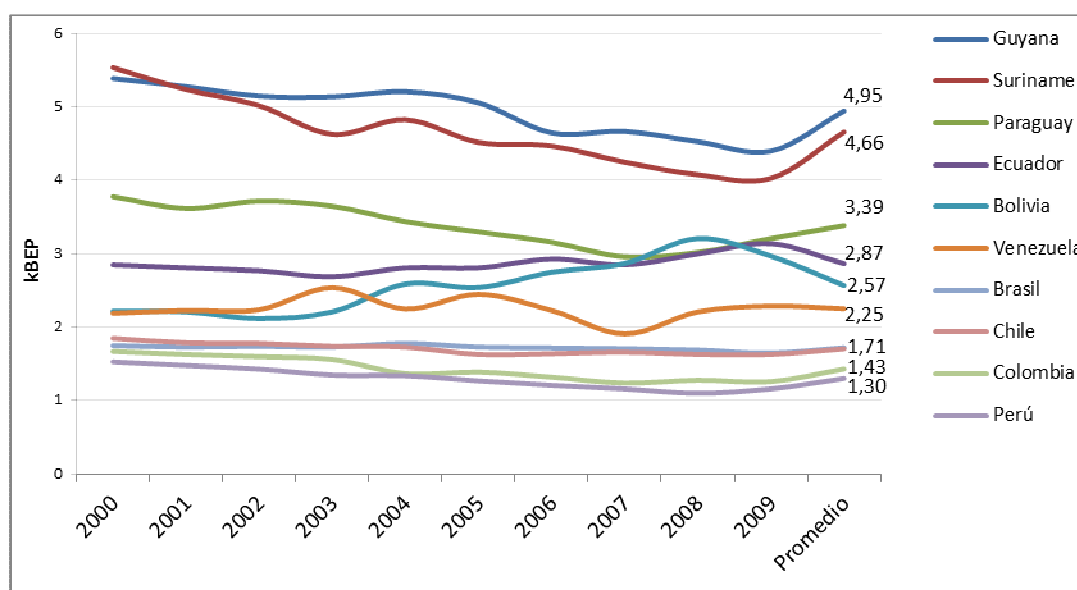
Los precios y tarifas están muy lejos de cubrir los costos de producción, la oferta nacional no guarda ninguna relación con el perfil de la demanda, las importaciones de energía representan alrededor del 20% del presupuesto nacional, la presión de las importaciones sobre la balanza de pagos pone en riesgo la viabilidad de la economía del país, la estructura de precios ha generado ineficiencias y desperdicio de la energía y la indiscriminada política de subsidios ha beneficiado a los estratos económicos más favorecidos (Acosta, 2007: 86).

“Un elemento de política clave y que ha influido fuertemente de forma negativa en la matriz energética en Ecuador son los subsidios a derivados de petróleo” (Castro, 2011: 2). De igual forma, el autor señala que debido a estos subsidios, Ecuador tiene mayor tasa de crecimiento de la demanda de energía que sus países vecinos. Esto se puede corroborar gracias a la medición de la intensidad energética¹⁶, la cual bordea los 3,14 kBEP para Ecuador en el año 2009, siendo la séptima más alta de Latinoamérica y el Caribe, y la cuarta más alta de Sudamérica, tal como se muestra en el gráfico 5.

Es notable que de los países andinos el único que no utiliza gas natural en una magnitud significativa en su matriz energética sea Ecuador. Así, el gas natural apenas alcanzó el 4% de la matriz mientras que en los demás países varía entre el 23% para Colombia y el 48% en el caso de Venezuela. Por esto, la dependencia de Ecuador del petróleo y sus derivados (incluyendo los cilindros de GLP para cocción y calentamiento de agua) que copan el 81% de la matriz, es la más profunda en relación a todos los países andinos (Castro, 2011: 28).

¹⁶ La intensidad energética mide la cantidad de energía que requiere la economía de un país para producir sus bienes y servicios. Por ello, mientras menor cuantía de energía se requiera para producir determinada cantidad de PIB, entonces mejor es la eficiencia en el uso de energía del país en cuestión. Se expresa como la cantidad de energía final por unidad de producción económica: kBEP/USD 106 del 2000, donde kBEP son miles de barriles equivalentes de petróleo y la unidad monetaria está en precios constantes (Castro, 2011: 2).

Gráfico N° 5. Evolución de la intensidad energética en Sudamérica



Fuente: CEPAL, 2010

Elaboración: Iván González G.

El financiamiento del subsidio al gas licuado de petróleo (GLP) compite finalmente con otras asignaciones prioritarias y más redistributivas, como la inversión en el sector social, creando una brecha de financiamiento insostenible. Por otro lado, el subsidio al GLP no tiene un límite temporal ni focalización hacia los sectores más vulnerables de la sociedad; sino que:

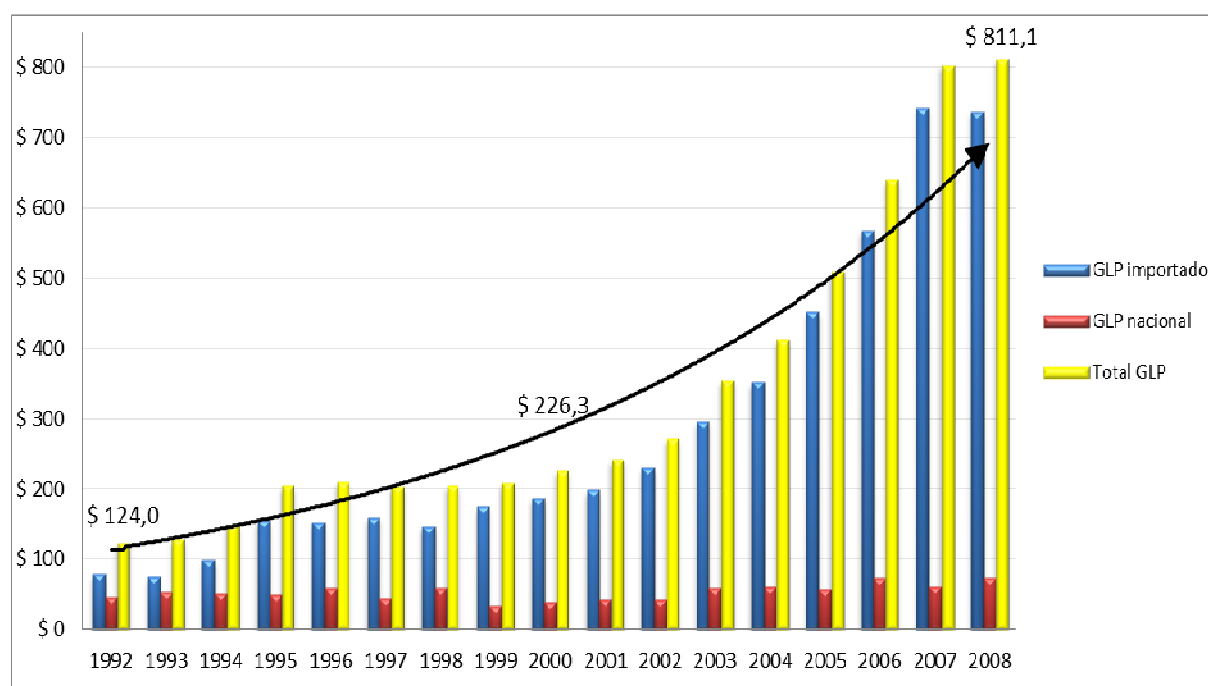
Su desfocalización se ha convertido en un paradigma que valida, por razones políticas, una tendencia regresiva en términos de inversión de los recursos públicos que institucionaliza una estructura subsidiaria que va en beneficio de sectores de la población con un alto poder adquisitivo. (Petrocomercial, 2010).

Estado ecuatoriano percibe los costos del GLP a través de las importaciones del hidrocarburo y del subsidio que se le asigna para el consumo local. En los gráficos 6 y 7 se observa la acelerada y contraproducente tendencia histórica de crecimiento de los costos de importación del GLP y del subsidio asignado, variables que para el año 2008 bordearon los USD 811.058.243 y USD 698.816.380 respectivamente, habiéndose disparado en 274% y 258% en 8 años. También se destaca la diferencia abismal entre los costos de GLP importado y de GLP producido nacionalmente, así como el tamaño marginal de la producción nacional del GLP en relación a la demanda existente; ante lo cual, el Estado ecuatoriano está obligado a importar más GLP, a precios internacionales cada vez más altos.

Por su parte, la IEA (2009) señala tamaño real del subsidio aún más estrepitoso, tal como se observa en el gráfico 8. Según esta fuente, la clara tendencia creciente del subsidio al GLP llegó a un pico de más de 830 millones de dólares en 2008, con un crecimiento promedio anual del 10%. El subsidio al GLP representa el 29,2% del total de los subsidios asignados a los hidrocarburos¹⁷ y constituye una peligrosa e insostenible presión al presupuesto general del Estado (Castro, 2011: 2).

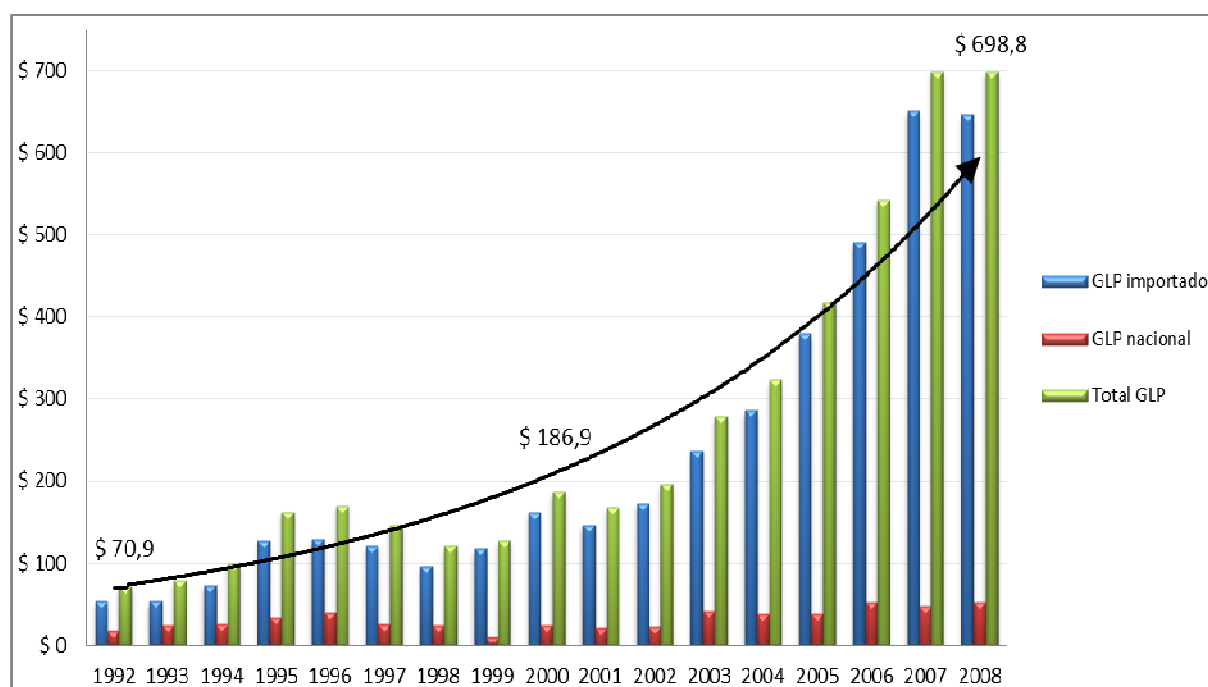
¹⁷ El subsidio al diesel, constituye el 49% del total y el de la gasolina el 21,8% (Castro, 2011: 2).

Gráfico N° 6. Costos del GLP para el Estado ecuatoriano (millones USD)



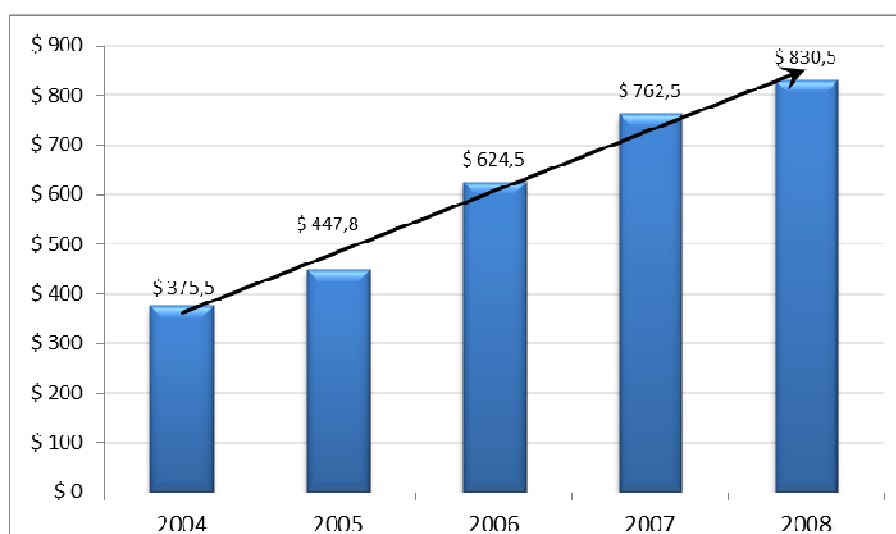
Fuente: Petroecuador, 2011
Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 7. Subsidio al GLP para el Estado ecuatoriano (millones USD)



Fuente: Petroecuador, 2011
Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 8. Subsidio real estipulado por la IEA (millones USD)

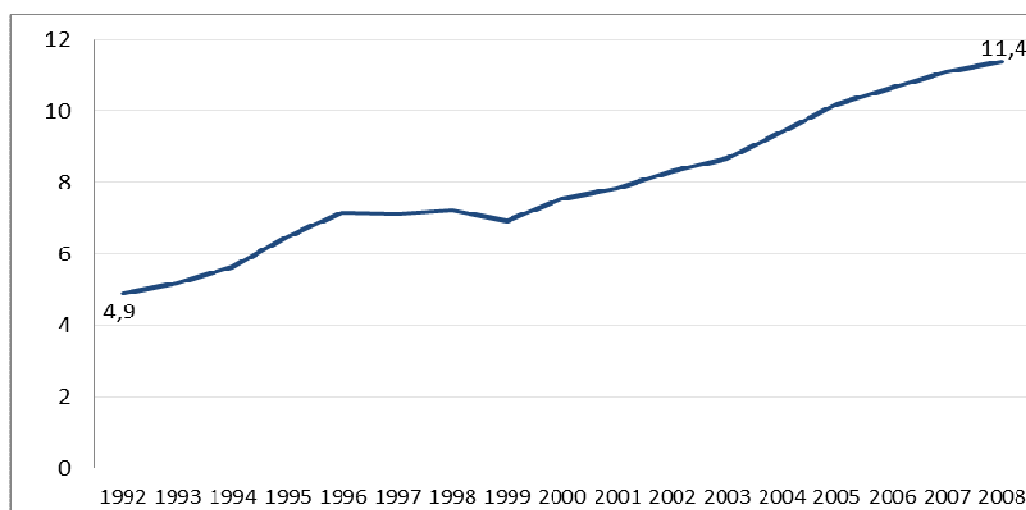


Fuente: IEA, 2009

Elaboración: Iván González G.

Esta tendencia creciente de consumo de GLP no solo puede evidenciarse desde los enormes costos que incurre cada año y de manera progresiva el Estado ecuatoriano, sino de forma directa examinando la demanda de barriles de GLP de la población ecuatoriana, que para el año 2008 fue de 11.389.156 barriles, con un crecimiento de 51,2% en 8 años, como señala el gráfico 9.

Gráfico N° 9. Demanda histórica de GLP en Ecuador (millones barriles)

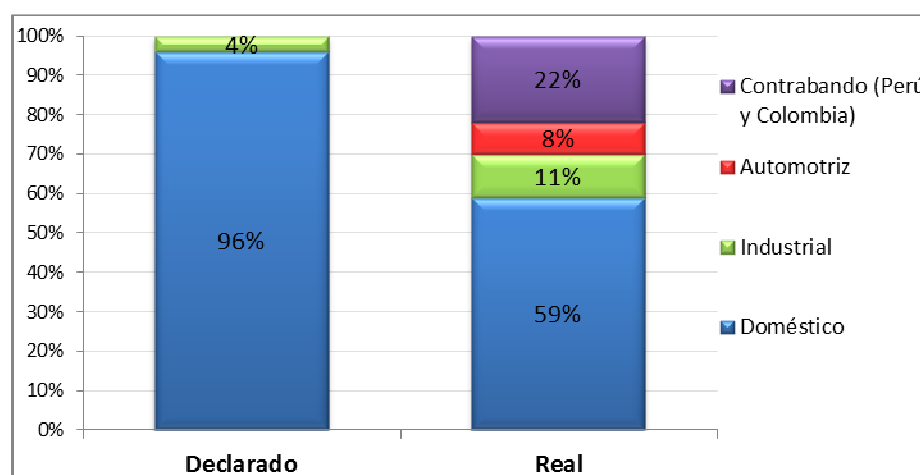


Fuente: Petroecuador, 2011

Elaboración: Iván González G.

Adicionalmente, así como existen pérdidas técnicas, se tienen pérdidas no técnicas de gran magnitud como la fuga de GLP por las fronteras (contrabando). Un estudio de la OLADE (Ríos et al., 2007) estima que existe aproximadamente un 22% de fuga anual de GLP por las fronteras con Perú y Colombia (al menos USD 110 millones); un 7% de fuga de gasolina de alto octano por USD 25 millones; y un 13% de fuga de diesel por USD 165 millones al año. El total de pérdidas es de aproximadamente USD 299 millones al año (Acosta, 2007: 65) (Ver gráfico 10).

Gráfico N° 10. Usos del GLP en Ecuador



Fuente: Ríos et al., 2007: 22

Elaboración: Iván González G.

Como se evidencia, del 96% del GLP que se declara como de uso “doméstico”, realmente el 59% corresponde a esta categoría; con el 22% de contrabando, el 8% de uso en el sector automotriz y el 11% en el industrial. “Es decir, que existe un subsidio de GLP a la industria, comercio, sector automotriz y contrabando de aproximadamente 175,7 millones de dólares que no fueron correctamente focalizados” (Ríos et al 2007: 22).

Adicionalmente, se debe recalcar que el subsidio al GLP ha representado históricamente un tema tabú para Ecuador, pues todo gobierno que ha intentado corregir o desviar este valor ha sufrido importantes golpes político-sociales que han llevado a su debilitamiento y, en algunos casos, a su derrocamiento¹⁸.

Analizando al subsidio al GLP desde un punto de vista cualitativo, cabe destacar las siguientes evidencias extraídas de la investigación realizada por Hexagon (2006) que demuestran la inequidad del subsidio:

1. El subsidio al gas llega en un 60% de su monto a la clase alta y media-alta. Adicionalmente, durante un año, los hogares más ricos consumen 3,6 cilindros subsidiados más que los consumidos por los hogares más pobres.
2. Apenas un 22% de la población total subsidiada está en condiciones de vulnerabilidad. Por su parte, en el sector rural la leña y el carbón constituyen la segunda fuente energética para cocinar, después del GLP, alcanzando un 26% del uso. La pobreza es cercana al 70% en la zona rural y al 30% en la ciudad y los hogares que se encuentran entre el 20% más pobre destinan 5 veces más, en proporción de su gasto, en la compra de GLP, que el 20% más rico.
3. El quintil más pobre de la población emplea GLP para cocinar en el 68% de los casos y la leña o carbón en un considerable 32% de los casos; el 2,32% lo utiliza en su negocio y solo el 0,03% en

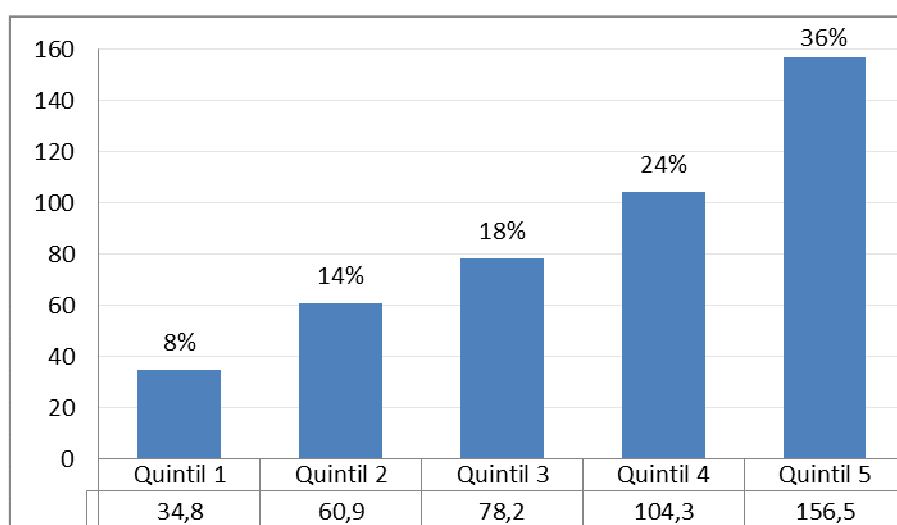
¹⁸ Dos ejemplos a destacar constituyen los gobiernos de Abdalá Bucaram y de Gustavo Novoa. Con respecto al primero, la elevación del precio de 2.900 sucres a 10.000 sucres por cilindro de GLP, a través de la eliminación parcial del subsidio en 1997, fue tomado como un acto de provocación a los movimientos sociales que, junto con otros problemas, constituyó uno de los detonantes para la revuelta que desembocó en el derrocamiento del gobierno (Hexagon, 2006).

el calefón. Por el contrario, el quintil más rico utiliza el GLP en un 12,46% para calefón; 9,23% para su negocio; y para uso de cocina, 78,03% de los casos.

4. Una focalización¹⁹ que considere la eliminación del subsidio en los quintiles 3, 4 y 5 (o solo en los quintiles 4 y 5), procuraría que el 60% más pobre siga recibiendo el subsidio al gas, mientras el 40% más rico pasaría a pagar costos reales que permitan financiar las transferencias directas para el 60% más pobre.

Con el fin de puntualizar las evidencias presentadas por Hexagon (2006), se presenta el gráfico 11 que muestra la distribución del subsidio al gas de uso domestico por quintiles de ingreso.

Gráfico N° 11. Subsidio al GLP dividido en quintiles de ingreso (millones USD)



Fuente: Castillo, 2007; Hexagon, 2006; INEC, 2007

Elaboración: Iván González G.

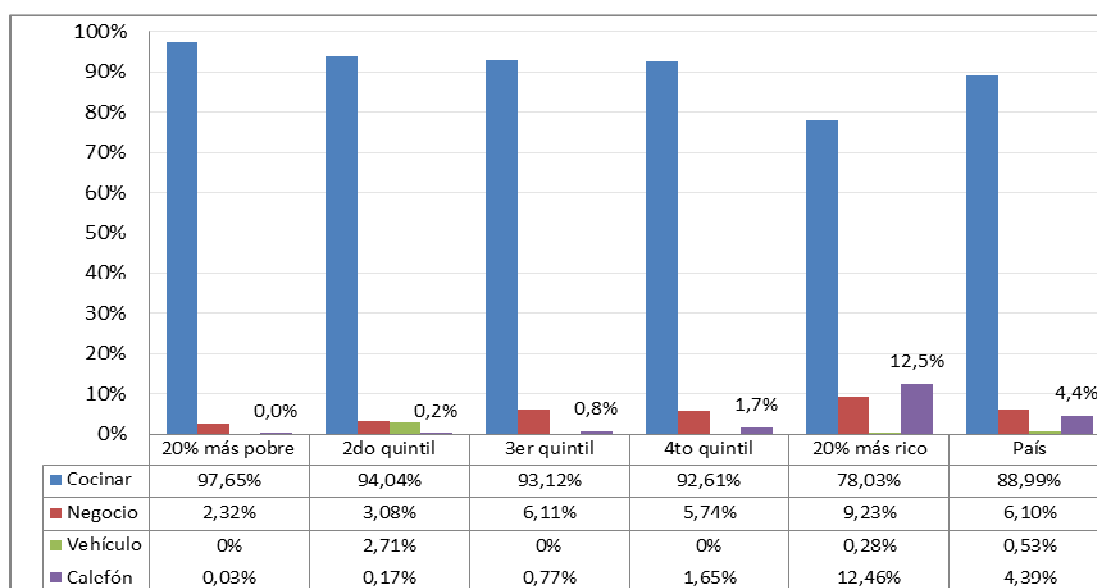
Como se observa, según datos del BCE (Castillo, 2007), en el año 2007, el 40% más rico de la población ocupó el 58% del subsidio al GLP, mientras que el 40% más pobre ocupó, apenas, el 22%.

Enfocando la atención en el porcentaje que cada quintil de la población destina de su GLP adquirido para usarse en calefones a gas, Hexagon (2006) demuestra que a pesar de que más del 95% de los tres primeros quintiles dependen del GLP para cocinar, el quintil más rico utiliza el 12,46% de su GLP en calefón a gas, mientras que el quintil más pobre solo ocupa el 0,03% de su GLP en este uso, lo que detalla la inequidad del subsidio al GLP referente al consumo suntuario en calefones (ver gráfico 12).

Mas aún, detallando el uso del GLP en calefón, y según datos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER, 2008: 7), el 20% más rico ocupa el 80,39% del GLP consumido nacionalmente en calefones a gas, mientras que el 60% menos acaudalado ocupa apenas el 6,02% de los cilindros de GLP utilizados en calefones a gas en Ecuador (ver gráfico 13).

¹⁹ Un mecanismo propuesto y analizado previamente por OLADE, MEER y CONELEC para focalizar el subsidio al GLP al sector domestico necesitado del subsidio, consiste en el uso de la planilla o factura de eléctrica como mecanismo de clasificación que le permita al usuario de bajo consumo convertirse en beneficiario de un número de cilindros de GLP al mes; pero que sin embargo, no ha sido aún implementado sino mediante proyectos pilotos en el Ecuador, a pesar que “este mecanismo de subsidio cruzado y determinación de consumos mínimos del sector eléctrico ya existen en la mayoría de países de LAC y pueden utilizarse como referencia” (Ríos et al 2007: 23, 24).

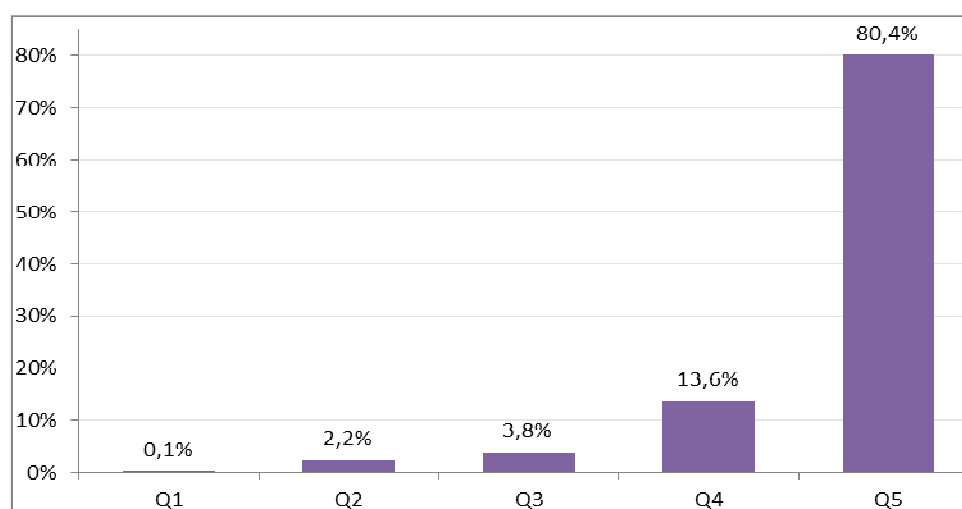
Gráfico N° 12. Utilización de GLP por quintiles de ingreso



Fuente: Hexagon, 2006; INEC, 2007

Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 13. Distribucion de la utilización del GLP en calefones a gas por quintiles de ingreso



Fuente: MEER, 2008: 7

Elaboración: Iván González G.

Considerando estrictamente el uso suntuario del GLP en calefones, se concluye que al eliminarse el subsidio al GLP, solo seria afectado el 0,06% de la población más pobre y, agregando datos, solo el 6,02% de los quintiles 1, 2 y 3. Sin embargo, se debe considerar que más del 95% de los tres primeros quintiles dependen del GLP para cocinar, por lo cual serían perjudicados ante una eliminación tajante del subsidio (especialmente el 40% de la población que se halla en condiciones de vulnerabilidad).

La eliminación total del subsidio no es una política ni conveniente ni sostenible en las condiciones actuales de la conformación del consumo de los hogares y los niveles de pobreza registrados; sin embargo, mantener el subsidio generalizado tampoco es conveniente ni sostenible (Hexagon, 2006).

Por lo tanto, este subsidio no debe eliminarse sino focalizarse; de manera que cubra a los segmentos de la población que realmente lo necesitan y eliminándolo de los segmentos más acaudalados de manera que paguen el costo real del cilindro de GLP sin que se afecte considerablemente su poder adquisitivo remanente; pues, a pesar de que para los hogares más pudientes el precio aumentaría a 9 USD/ cilindro (un pago adicional de 14,40 USD/ mes), dicho aumento es menos del 1% de su ingreso mensual y, para el caso de la clase media sería cercano a 2% del mismo (Hexagon, 2006). En adición, con esta medida de focalización se esperaría una importante apertura hacia las fuentes energéticas renovables, con especial consideración al uso de SST para calentamiento de agua sanitaria en detrimento del uso de calefones a gas.

Trasladando el análisis realizado hacia su uso puntual en calefones a gas, cabe recalcar que la parte del subsidio al GLP utilizado en calefones a gas presenta una creciente ineficiencia, tanto desde el ámbito económico como del energético. Por un lado, esta ineficiencia se plasma desde el punto de vista energético, donde se viola el principio de eficiencia energética señalado por Field (1995: 522), pues se obtiene y aprovecha mucho menos energía útil (agua caliente) que la energía utilizada por unidad monetaria de producción (por cada cilindro de GLP). Al encontrarse subsidiado dicho hidrocarburo, se produce una ventaja artificial de los calefones por sobre tecnologías renovables como los SST, imposibilitando un “desplazamiento hacia tecnologías de producción, distribución y consumo que exijan cantidades de energía relativamente menores”. De igual manera, se puede reflexionar acerca de la ineficiencia ambiental generada por este combustible fósil, pues se reconoce ampliamente que la cantidad de trabajo realizado por un proceso a partir de combustibles fósiles, en relación con la cantidad de contaminación generada por ese proceso conlleva un significativamente mayor impacto ambiental.

Por otro lado, la ineficiencia económica en costos es evidente y se refleja en el continuo incremento de costos para el Estado debido a las crecientes importaciones de GLP cada año; lo cual se relaciona íntimamente con el creciente nivel de subsidio estatal que ha promovido año tras año mayor consumo de este bien que compite injustamente con los SST en el mercado ecuatoriano. La parte de los costos y subsidios del GLP correspondientes al uso en calefones a gas para el DMQ se presenta en el capítulo 4 de esta investigación, en el cual se exhibe un análisis adicional del ahorro potencial que el Estado obtendría por sustituir tanto el subsidio al GLP utilizado en calefones a gas como el subsidio eléctrico destinado para duchas eléctricas, por sistemas solares térmicos para calentamiento de agua sanitaria en el Distrito Metropolitano de Quito. A continuación se presenta un análisis del mercado de calefones a gas y duchas eléctricas en el DMQ.

2.1.1 Mercado de tecnologías convencionales para calentamiento de agua en el DMQ

Para estimar el número aproximado de calefones a gas en el DMQ se puede considerar que el 10,4% de los hogares del DMQ utiliza GLP en calefón (INEC, 2007) y que el DMQ cuenta con 559.800 familias (considerando 4 miembros por familia promedio para sus 2'239.199 hab) (INEC, 2011); por lo que existirían aproximadamente 58.220 calefones a gas en el DMQ, bajo el supuesto que cada familia utiliza un calefón a gas para su hogar.

Por otro lado, el 55% de las familias ecuatorianas tiene ducha eléctrica (Manzano, 2011: 11.). Trasladando este dato nacional para las 559.800 familias del DMQ, se obtiene que 307.900 familias utilizan ducha eléctrica en vez de calefones a gas.

Según el MEER (2011) para una familia promedio de 4 miembros, el consumo energético por calentamiento de agua sanitaria, para un tiempo diario de uso de ducha estimado de 15 min por persona (1 hora por familia) es de 1 cilindro de 15 kg de GLP al mes, equivalente a 190 kWh. Por otro lado, al utilizar ducha eléctrica de 3 kW, la misma familia consume 90 kWh al mes; diferencia atribuida a la ineficiencia energética del calefón a gas, debido a que calienta el agua a 60 °C (temperatura excesiva para ducharse) y a que existe un importante período de espera cuando el usuario abre el paso de agua hasta que el agua caliente reemplaza al agua fría que resta en la tubería, con un consecuente desperdicio de agua y energía (MEER, 2011: 2).

Adicionalmente, según datos del MEER (2011), el mercado de calefones a gas en el DMQ está compuesto por un precio promedio de USD 300 por calefón, versus un precio promedio de la ducha eléctrica de USD 25, sin incluir impuestos ni “costos de accesorios para la instalación de un calefón, que incluye una tubería exclusiva de agua caliente comúnmente realizada en cobre, aislante térmico, válvula mezcladora, etc. a efectos de obtener el agua caliente a una temperatura agradable” (MEER, 2011: 2) (ver cuadro 2).

En cuanto al costo por utilización de ambas fuentes energéticas convencionales y los subsidios asignados por el Estado, se tiene que:

Una familia de clase media que utiliza ducha eléctrica debe pagar 7,65 USD/mes con un subsidio de USD 3,15 por parte del Estado, considerando un precio medio de 8,5 centavos de dólar por cada kWh de electricidad; en cambio, si la familia usaría calefón consumiría gas licuado que a precio internacional se valora a USD 12,5 los 15 kg, obligando al Estado subsidiar USD 10,9 por cada cilindro para mantener el precio oficial del gas de uso doméstico, dinero que lo pagamos todos los ecuatorianos (MEER, 2011: 1).

Cuadro N° 2. Costos y subsidios de tecnologías convencionales para calentamiento de agua en el mercado ecuatoriano

Descripción	Unidad	Costo usuario	Costo país	Subsidio
Costo calefón de gas	USD	300	300	0
Costo ducha eléctrica	USD	25	25	0
Precio unitario gas	USD/kg	0,11	0,808	0,7013
Precio unitario electricidad	USD/kWh	0,085	0,12	0,035
Tiempo de uso	h/mes	30	30	0
Consumo gas	kg/mes	15	15	0
Consumo electricidad	kWh/mes	90	90	0
Precio gas	USD/mes	1,60	12,12	10,52
Precio electricidad	USD/mes	7,65	10,80	3,15
Diferencial de costo	USD/mes	6,05	-1,32	-7,37

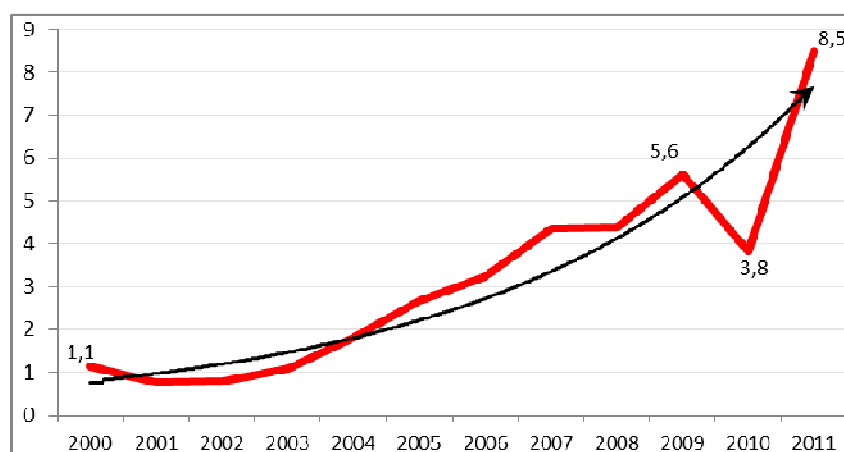
Fuente: MEER, 2011: 2

Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el cuadro 2, tanto el calefón a gas como la ducha eléctrica reciben un subsidio indirecto a través del subsidio a sus fuentes de generación de la energía, de 10,62 USD/ mes por familia por concepto de GLP, y de 3,15 USD/ mes por familia en el caso de la electricidad. Estos datos se utilizarán en el capítulo 4 para representar los costos para el Estado ecuatoriano por estos subsidios a nivel nacional y del DMQ.

Adicionalmente, un importante componente del mercado de calefones a gas lo constituye su importación. Para representar esta variable se tomaron los datos de las importaciones durante el período 2000 – 2011, presentados por el Banco Central del Ecuador (BCE, 2012) con un alcance nacional (pues no se cuenta con datos para el DMQ). Como se evidencia en el gráfico 14, el creciente costo para el Estado ecuatoriano por importaciones de calefones a gas asciende a más de 38 millones de dólares en solamente once años, donde ha existido una indiscutible tendencia creciente. Si se asume un costo de USD 300 (MEER, 2011: 2) por cada calefón a gas, se estima un aproximado de 126.000 calefones importados en estos once años. Los proveedores de calefones a gas más importantes para las importaciones son fundamentalmente los países asiáticos y Chile, como se muestra en el gráfico 15.

Gráfico N° 14. Importaciones de calefones a gas en Ecuador (CIF millones USD)



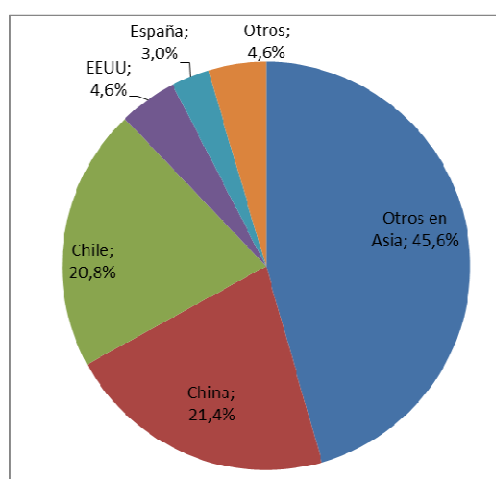
Fuente: BCE, 2012

Elaboración: Iván González G.

Por otro lado, la tendencia igualmente creciente de las importaciones de duchas eléctricas es menor, con un acumulado de 13 millones de dólares en los once años analizados (ver gráfico 16), y con importaciones para el 2011 que representan el 21% de las importaciones de calefones a gas para este año.

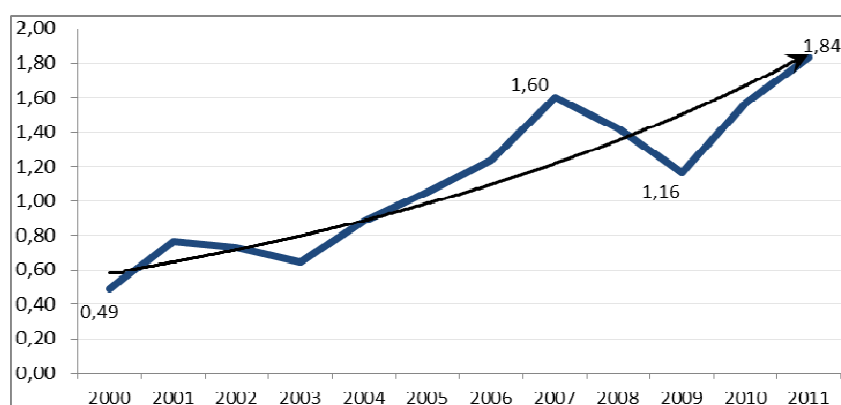
Sin embargo, aunque tales importaciones son menores en valor monetario, en cantidad superan ampliamente a los calefones a gas, con cerca de 520.000 duchas eléctricas (tras asumir un costo de USD 25 por equipo) (MEER, 2011: 2), con más de 4 duchas eléctricas por cada calefón a gas importado durante este tiempo. Los mayores proveedores de duchas eléctricas para Ecuador son: Brasil (61%), Colombia (11%), China (7%), EEUU (7%), México (6%), entre otros, tal como se muestra en el gráfico 17.

Gráfico N° 15. Proveedores más importantes de calefones a gas para Ecuador



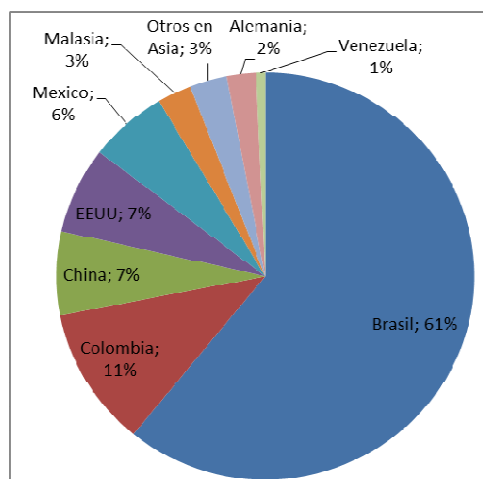
Fuente: UN COMTRADE, 2010
Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 16. Importaciones de duchas eléctricas en Ecuador (CIF millones USD)



Fuente: BCE, 2012
Elaboración: Iván González G.

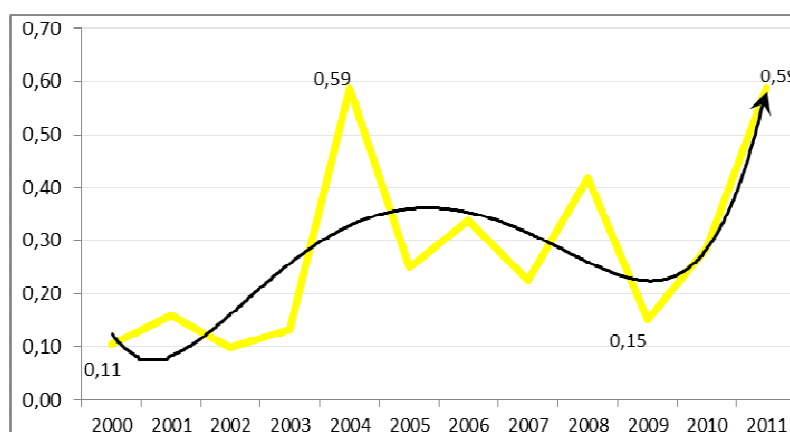
Gráfico N° 17. Proveedores más importantes de duchas eléctricas para Ecuador



Fuente: UN COMTRADE, 2010
Elaboración: Iván González G.

En contraste, como se observa en el gráfico 18, las importaciones de SST para calentamiento de agua son extremadamente fluctuantes y de cantidad marginal en comparación a las importaciones de las tecnologías convencionales recientemente presentadas, con un acumulado de apenas 3,3 millones de dólares en once años (aproximadamente 4.000 SST en todo Ecuador, tras asumir un precio de USD 820 por equipo) (Jiménez, 2009), habiéndose importado cerca de 30 veces más calefones a gas y 130 veces más duchas eléctricas que SST durante los once años analizados. Los proveedores más importantes de SST para Ecuador son: Argentina (33%), EEUU (29%), China (24%), Reino Unido (8%), entre otros, tal como se muestra en el gráfico 19.

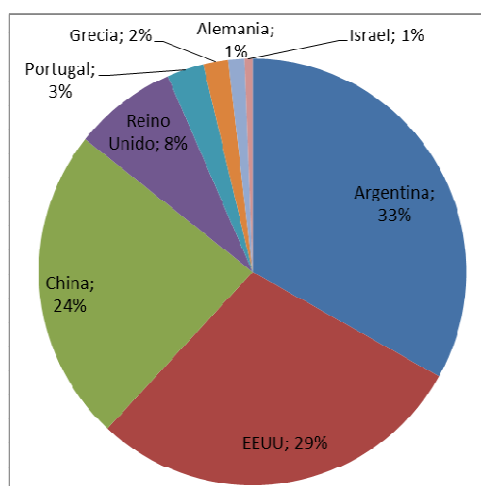
Gráfico N° 18. Importaciones de SST en Ecuador (CIF millones USD)



Fuente: BCE, 2012

Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 19. Proveedores más importantes de SST para Ecuador



Fuente: UN COMTRADE, 2010

Elaboración: Iván González G.

Como se observó, sin importar la tecnología a tratarse, China y EEUU son países líderes en la provisión de equipos de calentamiento de agua sanitaria para Ecuador; con una mayor participación de China en el mercado de calefones a gas, una participación pareja de ambos países en el mercado de duchas eléctricas y una participación superior de EEUU en el mercado de SST.

Las variables analizadas demuestran la superioridad absoluta de la demanda de tecnologías convencionales para el calentamiento de agua sanitaria (duchas eléctricas y calefones a gas) frente a la de sistemas solares térmicos; evidenciando la veracidad de la teoría presentada anteriormente acerca de la ventaja injusta de las tecnologías convencionales debido a los subsidios que distorsionan los precios finales de los equipos y, por tanto, las elecciones de los consumidores que optan por una demanda marginal de SST.

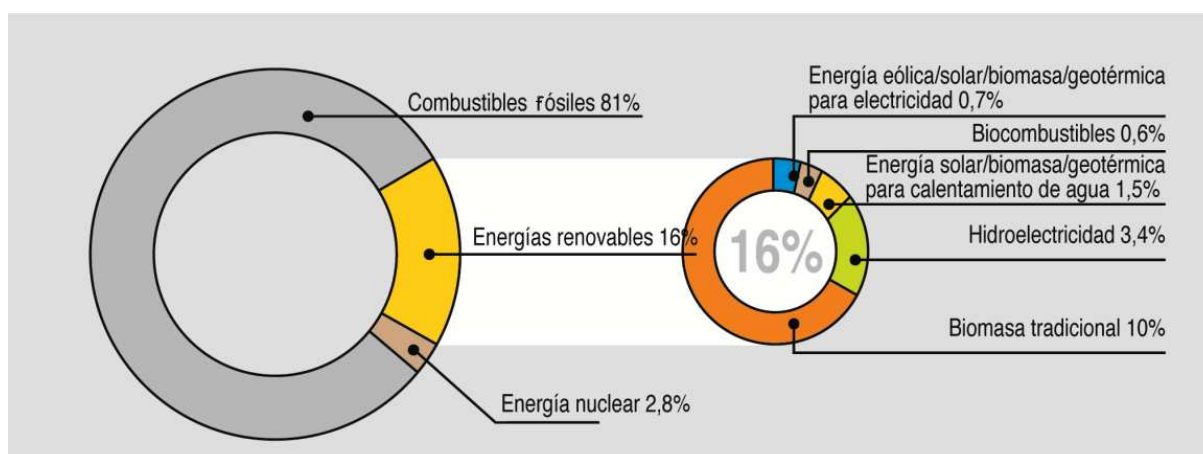
2.2 Sistemas Solares Térmicos (SST) como alternativa energética

En esta sección se procederá a evaluar el escenario mundial de la energía solar térmica mediante SST para calentamiento de agua sanitaria, así como sus beneficios, costos y obstáculos más comunes que se presentan para su respectivo desarrollo.

2.2.1 Escenario mundial de la energía solar térmica

Como se puede observar en el gráfico 20, existe una participación no despreciable de las energías renovables en el escenario mundial, con un 16%. Esta tendencia mundial también es compartida por Ecuador, pues la participación de la energía renovable en la producción de energía primaria del país es del 14% (REN 21, 2011a: 78).

Gráfico N° 20. Participación de la energía renovable dentro del consumo final de energía (2009)



Fuente y elaboración: REN 21, 2011a: 17

Por otro lado, la contribución de la energía solar térmica al consumo energético mundial es todavía limitada; sin embargo, empiezan a percibirse ya síntomas de cambio optimistas para el futuro con un considerable número de países que han optado por desarrollar este tipo de tecnologías y difundirlas a través de la instauración de incentivos gubernamentales que se suman al incremento de personas con “consciencia verde” que optan por estas alternativas energéticas y a la reducción paulatina de los precios de los SST en algunos mercados altamente tecnológicos que los desarrollan, como China y Japón.

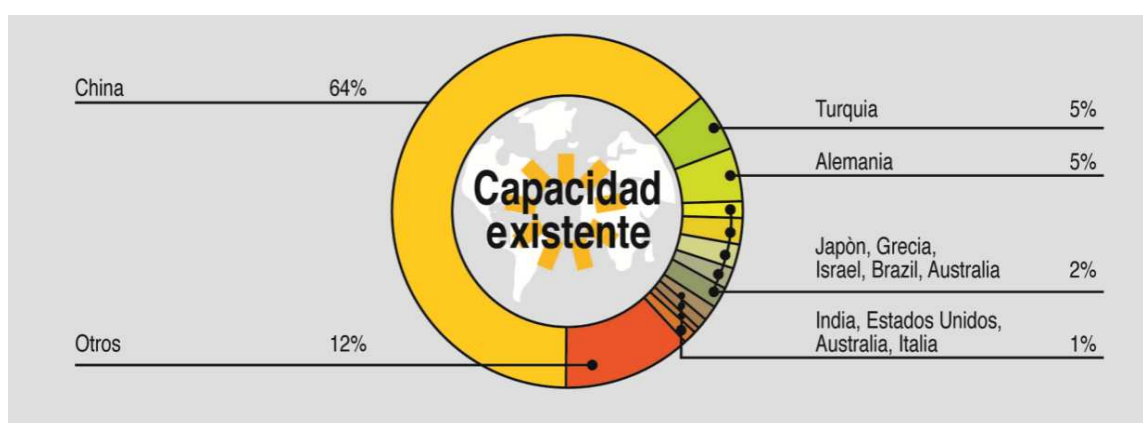
En la actualidad, la capacidad de energía solar térmica instalada en el mundo supera a la de otras renovables con altos índices de desarrollo, como es el caso de la energía eólica. Con una potencia instalada de 98,4 GW térmicos a finales de 2004, la energía solar térmica ha alcanzado unos niveles de popularidad impensables hace solo unos años. Actualmente, la mayor parte de los captadores solares instalados en el mundo tienen como finalidad la producción de agua caliente para uso doméstico, dejando en segundo plano al uso en calefacción de aire y en calentamiento de piscinas (López, 2006: 21).

El mercado mundial de SST se halla, sin duda, bajo el dominio de China, pues “se calcula que aproximadamente el 40% de los captadores solares colocados en el mundo se encuentran en este país” (López, 2006: 22). Se estima que cerca de “10 millones de familias disponen de agua caliente gracias al Sol, lo que supone un ahorro de 6,3 millones de toneladas de carbón al año, que evita la emisión de más de 13 millones de toneladas de CO₂” (López, 2006: 121).

Según REN 21 (2011a), la cantidad instalada de SST aumentó, aproximadamente, 160 GWth en 2009, hasta alcanzar, aproximadamente, 185 GWth en el 2010 (un incremento del 15,6% en solo un año). China continúa dominando el mercado mundial de SST, con una participación del 64% (otras fuentes como KPMG señalan un 77%), mientras que el mercado europeo se contrajo por la recesión económica, manteniendo el segundo lugar a nivel mundial (REN 21, 2011a) (ver gráfico 21).

Al desarrollo solar térmico chino le sigue Turquía y Alemania, con un aporte del 5% cada uno, seguido por el bloque de Japón, Grecia, Israel, Brasil y Austria que, en conjunto, aportan el 2% de la capacidad existente de SST en el mundo. Dentro de este grupo, López (2006) destaca el desarrollo israelí, pues cerca del 85% de las viviendas cuenta con SST, como resultado de una ley de hace 20 años que exige a todos los edificios de menos de 20m estar dotados de dichos sistemas en los tejados. Aún más, REN 21 (2011a) recalca el desempeño de Chipre; donde, aproximadamente, el 90% de los edificios construidos están equipados con SST, por lo que se constituye como el país que más cantidad de energía solar térmica aporta por habitante en el mundo (431 kWth por cada 1.000 hab).

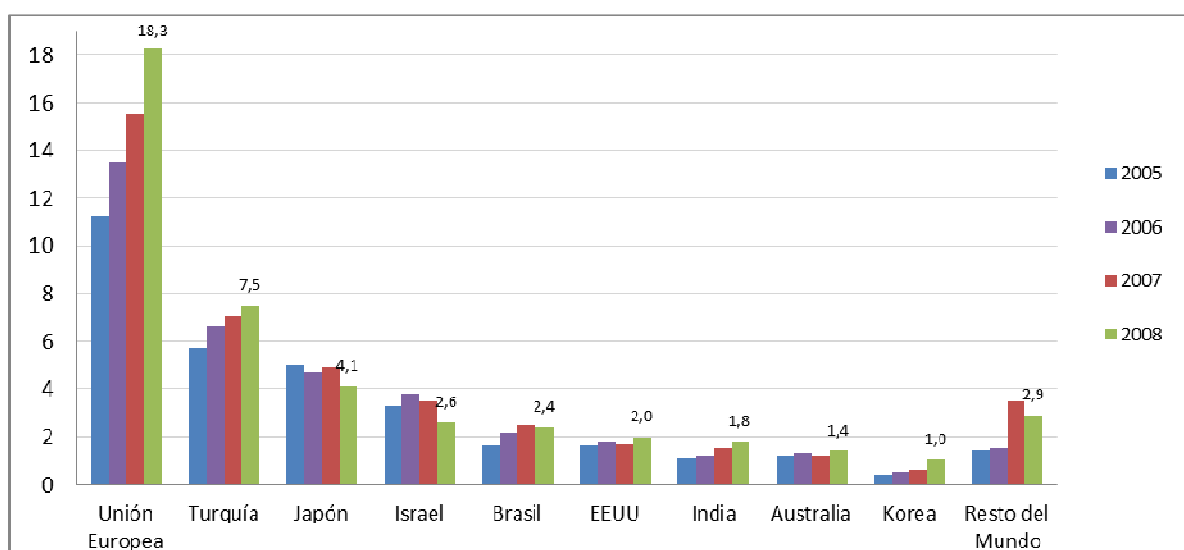
Gráfico N° 21. Capacidad existente de SST (2009)



Fuente y elaboración: REN 21, 2011a: 30

Como se mencionó, China lidera en cuanto a capacidad instalada de SST con 64% de la participación mundial. Por ello, resulta pertinente analizar dicho escenario sin incluir a China, con el fin de contar con la evolución de la capacidad instalada de colectores en el resto del mundo, tal como se representa en el gráfico 22.

Gráfico N° 22. SST instalados en el mundo (sin China) (GWth)

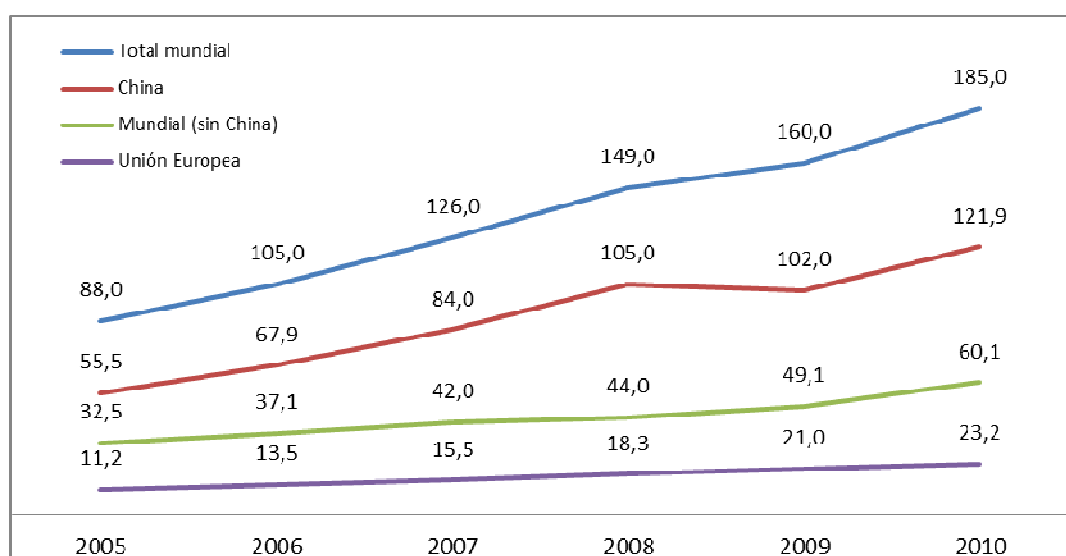


Fuente: REN 21, 2011a.

Elaboración: Iván González G.

Según el gráfico 22, la tendencia a incorporar SST para calentamiento de agua es creciente en la mayoría de países del mundo, sobretudo en la Unión Europea que alcanzó los 18,3 GWth en 2008, y donde los programas de incentivos y normativas han jugado un rol clave. Sin embargo existen países como Japón, Israel y un agregado del resto del mundo, donde tal tendencia sufrió una pequeña caída en el 2008. Es igualmente importante presentar un panorama mundial que recoja las tendencias de capacidad instalada de SST de los actores más representativos, incluyendo a China (ver gráfico 23).

Gráfico N° 23. Tendencia mundial de SST instalados (GWth)



Fuente: REN 21, 2011a.

Elaboración: Iván González G.

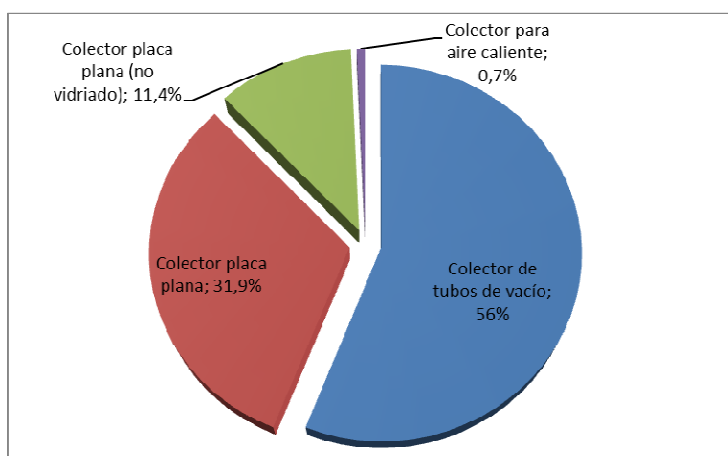
Como se observa en el gráfico 23, si bien el 110% de crecimiento de la capacidad instalada de SST para calentamiento de agua en solo cinco años muestra una clara tendencia creciente a nivel

mundial, que llega a 185 GWth para el 2010 y que es acompañada de forma más tímida por la UE²⁰ (con 88% de crecimiento y 23 GWth para 2010); China no comparte totalmente esta tendencia debido a un ligero tropiezo en el 2009, al decrecer en 3 GWth en comparación al 2008, y tras un importante repunte en el 2010 (a 121 GWth).

En cuanto a los tipos de SST más utilizados, Weiss y Mauthner (2011) muestran una clara predominación de los colectores de tubos de vacío (56%), seguido por los colectores de placa plana (31,9%) y por un menor aporte de los colectores de placa plana no vidriados para calentamiento de piscinas (11,4%) (ver gráfico 24). Como se mencionó en el marco teórico, el aprovechamiento térmico de la energía del sol varía según las diferentes regiones de la Tierra, por lo que cada región suele especializarse en un tipo de colector solar, según sus condiciones climáticas y meteorológicas.

Así, en China predominan los colectores de tubos de vacío, mientras que en otros países de Asia, Oriente Medio y la mayoría de los sistemas de Europa y América Latina están equipados con colectores de placa plana. Por el contrario, en América del Norte (Estados Unidos y Canadá) y Australia predominan los colectores no vidriados para calentamiento de piscinas. Por otro lado, el mercado de los sistemas de termosifón está más avanzado en los países asiáticos (especialmente en China), así como en África y Oriente Medio.

Gráfico N° 24. Tipos de SST más utilizados en el mundo (2010)



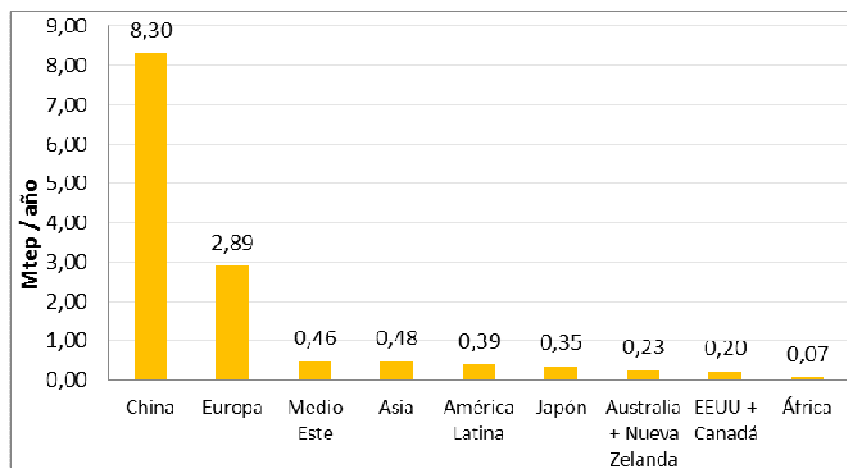
Fuente: Weiss y Mauthner, 2011

Elaboración: Iván González G.

El gráfico 25 muestra el ahorro energético que producen los dos tipos de colectores solares predominantes recientemente mencionados, para el 2009. Destaca el ahorro energético chino, con 8,3 Mtep por año, seguido de Europa, con 2,89 Mtep por año. Adicionalmente, se pueden presentar no solo los beneficios por ahorro energético gracias a la utilización de SST, sino también la reducción de emisión de gases de CO₂ que involucra la utilización de dichas fuentes energéticas renovables (ver gráfico 26). Es evidente el predominio chino en reducción de emisiones de CO₂ debido a su superioridad en capacidad instalada de SST, con 26,36 Mtep al año; seguido de Europa, con 9,55 Mtep al año; mientras que América Latina solo aporta con 1,23 Mtep al año.

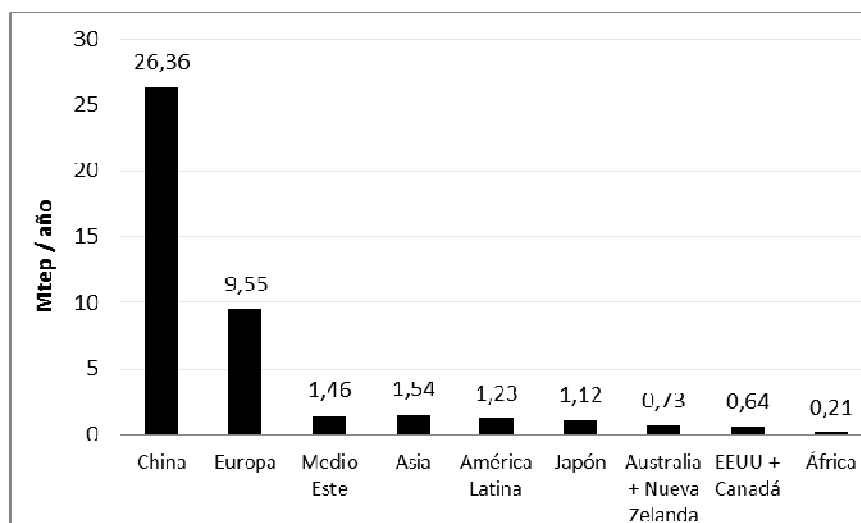
²⁰ Dentro de la Unión Europea, para el 2009, destaca Alemania con una participación del 39% de la UE (1.133,9 MW), seguido de Austria, Italia y España (con un 10% de participación cada uno y un promedio de 280 MW de potencia), y Grecia, Francia, Polonia y Portugal (19% de participación conjunta), entre otros (14% de participación) (REN 21, 2011a).

Gráfico N° 25. Ahorro energético anual por utilización de SST (2009)



Fuente: Weiss y Mauthner, 2011
Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 26. Reducción de CO₂ por utilización de SST (2009)



Fuente: Weiss y Mauthner, 2011
Elaboración: Iván González G.

2.2.2 Beneficios de los SST

Resulta imprescindible desarrollar nuevas tecnologías basadas en el aprovechamiento de los recursos renovables, como la energía solar; pues al ser inagotable (y al mismo tiempo respetuosa con el medio ambiente), se rompe con el modelo insostenible de consumo energético actual por fuentes energéticas convencionales a base de combustibles fósiles que “dejarán de estar disponibles a mediano plazo, bien por el agotamiento de las reservas, o porque su extracción habrá dejado de ser rentable” (López, 2006: 65).

“Entre las tecnologías solares, las más competitivas en precios respecto a fuentes tradicionales de energía son los SST para calefacción o calentamiento de agua” (Castro, 2011: 79). La tecnología que

involucra a los SST se halla muy desarrollada en la actualidad y cercana a considerarse comercialmente madura; pues, según UNEP (2011), esta tecnología ha sobrepasado el estado de “investigación y desarrollo” (en el que se encuentra la energía solar fotovoltaica orgánica), el de “demostración” (en el que están la solar térmica concentrada y la mareomotriz), el de “despliegue y utilización” (donde se encuentra al biogás, eólica marítima, geotérmica para electricidad y la energía solar fotovoltaica), para ubicarse en el estado de “difusión” (junto con la hidroeléctrica a pequeña escala, la eólica terrestre y la geotérmica para calefacción) pero sin llegar aún al máximo estado considerado como “comercialmente maduro” (como la hidroeléctrica a gran escala y el bio etanol).

Los avances en tecnologías de energía solar térmica para calentamiento muestran un potencial de desarrollo en diseños que permiten una mayor vida útil de los sistemas, menores costos de instalación y mayores temperaturas.

A base de las tendencias en la tecnología y en la industria, se considera que las tecnologías más maduras en la cadena de desarrollo y con mayor potencial para ser utilizadas en Ecuador son los sistemas solares PV, los colectores solares térmicos para calefacción o calentamiento de agua [SST] y los sistemas térmicos concentrados para generación de electricidad (Castro, 2011: 80).

Este gran potencial se debe a que el agua caliente sanitaria es, después de la calefacción, el segundo consumidor de energía más importante de un hogar promedio, con un 20% del consumo energético total. Ante tal realidad, la energía solar térmica ofrece una solución idónea para la producción de agua caliente, al ser una alternativa completamente madura y rentable, pues los SST son apropiados para cubrir fácilmente la demanda promedio de nivel de temperatura para el agua caliente (normalmente entre 40 y 45 °C) (López, 2006). De esta forma, un calentador solar puede disminuir radicalmente el consumo energético utilizado para calentar agua entre un 50% a 75%, con una elevada eficiencia promedio que bordea el 70% y 80%, dependiendo de la tecnología y materiales implementados (CEUTA, 2009).

2.2.2.1 Beneficios económicos

Adicionalmente a los beneficios en cuanto a competitividad y eficiencia energética mencionados, los SST traen importantes beneficios económicos, sociales y ambientales; recordando que estos no son excluyentes sino, al contrario, complementarios entre sí.

En la tabla 8 se presentan los beneficios económicos que trae el uso masivo de SST, con efectos significativos sobre la economía, empleo y energía; así como sobre el sector productor y consumidor de dichos equipos. El Estado se beneficia principalmente debido a la generación de fuentes de empleo locales y el consecuente estímulo económico que esto implica; además de la diversificación de la matriz energética hacia fuentes energéticas renovables que lo autoprotegen de la alta volatilidad de los precios internacionales de combustibles fósiles.

Por otro lado, el sector productor de SST se beneficia de las economías de escala, productividad y experticia que trae la manufacturación masiva de estos equipos, así como de costos predecibles y que se reducirán en el tiempo; mientras que el sector consumidor de estos equipos es beneficiado por el ahorro en consumo de fuentes convencionales (GLP o electricidad), por el empleo generado en las industrias manufactureras de SST, y por los beneficios tecnológicos y de eficiencia energética, ambiental y operativa de dichos equipos.

Tabla N° 8. Beneficios económicos del uso de SST

Efectos sobre la economía, empleo y energía	Generación de fuentes de trabajo locales de carácter estable y sostenible que ayudan a reactivar las economías con la creación de empresas locales, aun considerando las pérdidas de empleo por remplazo de tecnologías convencionales (López, 2006: 71-73; ESTTP 2009: 26; ESTIF, 2006: 10).
	Cero costos operativos (o muy bajos, dependiendo si se trata de un SST híbrido con energía eléctrica), así como bajos costos directos e indirectos después de la primera inversión, lo cual provoca un incentivo a la inversión en industrias de SST (y subsecuentemente al empleo local directo e indirecto generado por estas) y promueve un desarrollo sostenido para la energía solar térmica.
	Apoyo en la diversificación de la matriz energética hacia fuentes energéticas renovables y con desarrollo tecnológico, de carácter descentralizado, a pequeña escala y que consume recursos propios; lo cual contribuye a asegurar la seguridad y autosuficiencia energética del Ecuador, pues se obtiene independencia energética del exterior y con ello se apuntala a garantizar el suministro de energía local de forma autónoma (Castro, 2011: 89-90; ESTIF, 2006: 8).
	Autoprotección de la alta volatilidad de los precios internacionales de combustibles fósiles y sus derivados que fluctúan de acuerdo a ataques especulativos ²¹ en las bolsas de valores internacionales y por períodos de crisis económicas, sociales y políticas nacionales e internacionales.
	Apertura hacia una mayor cantidad y calidad de políticas energéticas pro ambientales; así como mejores fuentes y condiciones de financiamiento de mercados financieros asociados.
	Acceso potencial a proyectos MDL y participación en los mercados de carbono que involucrarían mayores ingresos para el Estado y funcionan como un mecanismo de incentivo y financiamiento para difusión de otras fuentes de energía renovable.
Efectos sobre el productor de SST	Economías de escala en manufacturación (o incluso importación) de SST y bajos costos unitarios asociados; no solo para la industria principal sino también para las industrias secundarias en la cadena de valor (áreas como comercialización y distribución, diseño, instalación, atención al cliente, etc.), cuyos costos representan más del 50% del costo al consumidor final. “Esto significa que, en los países con un bajo nivel de penetración en el mercado, hay un potencial significativo para las economías de escala, no solo para la fabricación de hardware, sino también para los servicios locales y regionales. Esquemas de incentivos ayudan a crear economías de escala y así reducir el precio de la energía solar en el corto y largo plazo” (ESTIF, 2006: 11).
	Incrementos en productividad constantes debido a adelantos tecnológicos de los SST, e innovación empresarial de rápida implementación (apoya la “creación de valor” en las empresas nacionales), así como un efecto drenaje de la tecnología importada. Al mismo tiempo, se desarrolla experiencia y experticia que, junto con los adelantos tecnológicos futuros, traerán aún mayor eficiencia técnica, económica y energética, volviéndose más accesibles y difundidos (ESTIF, 2006: 11).
	Curva de energía predecible y pronosticable con mayor certeza para la toma de decisiones; pues los SST presentan una ventaja de precios altamente predecibles, lo cual representa a su vez un incentivo a la inversión de hogares y empresas en estos equipos (ESTTP, 2009: 26).
	Inexistencia de costos de producción, transporte o distribución de la energía, así como tampoco requiere cobro de facturación posterior a la instalación (IDAE, 2006: 66).
	Vida útil alargada del panel solar, con 25 años en promedio y con un tiempo de recuperación de la inversión promedio de 15 años sin apoyo del Estado, y solamente 9 años en promedio de existir incentivos desde el Estado (Zabalza y Aranda, 2009: 51; Rosero, 2011: 11-12).

²¹ Especialmente del Mercado de Commodities y Opciones Futuras (Commodity Futures and Option Markets), donde se especula con los precios futuros de commodities como el petróleo, causando una volatilidad de los precios que no se pueden explicar en términos de oferta-demanda tradicionales.

Efectos sobre el consumidor	Requerimientos mínimos de energía eléctrica externa, debido a que la gran mayoría de la energía proviene directamente del sol, por lo que se obtiene un flujo constante e inagotable de energía independiente y descentralizada que puede ser instalada en cualquier ubicación geográfica, de muy sencilla captura y transformación para su consumo y sin riesgos de cortes de suministro, atentados ni accidentes (IDAE, 2006: 66; ESTTP: 2009: 15)
	Ahorro de los hogares sobre su gasto familiar en gas y electricidad, además de otros gastos operacionales. Adicionalmente, son sistemas fáciles de instalar e integrar, por lo que sus costos de instalación son bajos y tienen una vida útil de 15 a 25 años, mayor que las tecnologías convencionales (IDAE, 2006: 66).
	Incremento de ingresos, poder adquisitivo y una mejora de bienestar de la población como efecto de la creación neta de empleo local y de las inversiones en tecnología verde.
	Ahorro de los hogares por disminución de externalidades asociadas a las energías convencionales y su impacto ambiental; las cuales se pagan tarde o temprano, “ya sea a través de gastos en la salud, en compras de derechos de emisiones contaminantes o en desastres ambientales de muy diversa índole” (IDAE, 2006: 62).
	Fomento de una imagen de respeto con el medio ambiente, con el entorno y con la vida, no solo sobre los hogares sino también sobre el sector comercial y hotelero que utilice SST, al darle un valor agregado importante a su producto o servicio que sus clientes manifiestan su aprecio a través de su fidelidad y cantidad de compra.

Elaboración: Iván González G.

Entre los beneficios mencionados, cabe destacar las ventajas macroeconómicas en términos de estímulos económicos y creación neta de empleo que presenta en general todo programa de energías limpias, razón por la cual algunos gobiernos como EEUU, Reino Unido, Alemania, España, Francia, Canadá, Brasil, India, China, entre otros, se han embarcado en grandes programas de estímulos verdes para incentivar el crecimiento económico y disminución del desempleo (ESTTP, 2009). Característicamente, la energía solar térmica es una especial benefactora de la creación neta de empleo local, pues

Los SST remplazan recursos naturales agotables (en su mayoría importados) por trabajos locales. Sin importar dónde se produzcan los equipos de SST, una gran proporción de la cadena de valor (transporte, distribución, instalación y mantenimiento) está relacionada fundamentalmente con el lado de la demanda²² (ESTTP, 2009: 15).

Esto se debe a que, al contrario de lo que se piensa por “sabiduría convencional” y por la ortodoxia económica, los flujos de dinero invertidos en energías verdes no se van “por el drenaje”, ni tampoco son causantes de distorsiones que obstaculizan las nuevas inversiones y la contratación de trabajadores. Esto se debe a que:

Cuando el costo de emprender se incrementa, sobre todo cuando los aumentos de los costos son solo una pequeña proporción de los ingresos, [...], las empresas no inician cortes en la producción y, consecuentemente, sobre su fuerza de trabajo²³. En su lugar, trasladan los costos a sus clientes y mantienen la producción y el empleo estables (en la actualidad, con los beneficios relativamente altos y la baja demanda, ni siquiera es claro que los precios aumentarían – sino que podría darse puramente un estímulo keynesiano, obligando a que se asigne una pequeña parte de las ganancias en bienes y servicios, sin ningún tipo de cambios en los precios).

²² Tal es el caso de Europa, donde según ESTTP (2009: 15), existen más de 28.000 puestos de trabajo a tiempo completo en todos los sectores mencionados, y esta cifra se espera alcance los 220.000 para 2020.

²³ Como lo señala Goodstein et al (2010), numerosos estudios demuestran que los despidos atribuibles a la normativa medioambiental solo representan el 0,1% de todos los despidos en EEUU (solo alrededor de mil a tres mil puestos de trabajo en todo el año). Por ejemplo, menos de 7.000 puestos de trabajo se perdieron entre 1990-1997 en EEUU, como resultado directo del “Clean Air Act”, insignificante cifra en contraste a los 10 millones de trabajadores despedidos por razones no ambientales.

De igual forma, ¿qué pasa con los miles de millones gastados en capital [pro energías verdes] y costos de cumplimiento por estándares ambientales? Lejos de ser desechados, este dinero proporciona puestos de trabajo en los sectores que producen bienes de capital y brindan servicios de apoyo para el cumplimiento de estos estándares. Los a menudo llamados "empleos verdes", provocan que el empleo generado se extienda desde la línea de montaje hasta la investigación científica verde. La instalación de nuevos equipos verdes trae empleo a electricistas, fontaneros, y otros técnicos más especializados. El dinero gastado en regulación ambiental e incentivos verdes se gasta de manera productiva, y el resultado es la creación neta de empleo (Stanton, 2011).

De forma más puntual, se puede citar al estudio realizado por Pollin, Heintz y Garrett (2009), donde se señala que el gasto en inversiones "verdes" trae consigo externalidades positivas sobre el mercado laboral; pues, en promedio, se crean 17 empleos por cada millón de dólares gastado. Por el contrario, el estudio de Pollin, Heintz y Garrett (2009) señala que si se continúa impulsando la estructura de combustibles fósiles hoy presente, se obtienen solo 5 puestos de trabajo por cada USD 1 millón gastado. Entonces; la transición hacia una economía de energía limpia genera tres veces más empleos por dólar gastado que manteniendo la estructura energética existente²⁴.

Paralelamente, otro estudio realizado por Resources for the Future (Morgenstern et al., 2002: 95) concluyó que: "Mientras que el gasto ambiental tiene consecuencias sobre las inversiones y el empleo, la hipótesis de que esos gastos reducen significativamente el empleo en las industrias altamente contaminantes no es compatible con los datos". Más específicamente, los investigadores encontraron que un incremento de un millón de dólares en costos ambientales, conduciría a tres puestos de trabajo perdidos y seis puestos de trabajo ganados, dejando un saldo neto positivo de tres puestos de trabajo gracias a los programas y regulaciones "verdes".

De igual manera, como lo señala Ackerman y Massey (2002) en un estudio del GDAE Institute, se debe recalcar que las tecnologías ambientales que se promueven con estímulos verdes son más trabajo-intensivas que las tecnologías convencionales; por ejemplo, reciclar crea más empleos que los vertederos de basura.

Algunas políticas, tales como medidas de eficiencia energética, expanden la producción local a expensas de las importaciones: en lugar de comprar más petróleo del extranjero, se puede pagar por construcciones de mayor eficiencia energética y aislamiento térmico, creando puestos de empleo locales. Como regla general, los empleos creados gracias a un programa de protección ambiental están firmemente arraigados a la economía nacional; pues la protección y remediación ambiental no pueden ser exportados a otros países con mano de obra más barata (Ackerman y Massey, 2002: 1, 2).

Por último, la creación neta positiva de empleo se da no solo por el impacto directo de los programas verdes, sino también gracias a la creación indirecta de empleo en áreas subyacentes que dependen o proveen bienes/servicios relacionados con los incentivos verdes. Por ejemplo, un estudio de la EPA publicado por Eban Goodstein (1999) estimó que en 1991 cerca de 4.000 personas fueron empleadas directamente en la fabricación de maquinaria eléctrica utilizada en las actividades ambientales de limpieza, pero también se calculó que 21.500 trabajadores adicionales fueron contratados indirectamente por trabajos como fabricantes de partes pequeñas y de maquinarias para construir y

²⁴ El estudio de Pollin, Heintz y Garrett (2009) también señala que a pesar de que se perderían 795.000 trabajos relacionados con combustibles fósiles, debido a la instauración de trabajos en áreas verdes por 2,5 millones, la creación neta de trabajo por USD 150 mil millones invertidos en energías limpias daría un saldo positivo final de 1,7 millones de plazas de trabajos.

transportar elementos, tales como tubos de acero para sistemas de alcantarillado y fotocopiadoras para las empresas de servicios ambientales, o camiones que se utilizan para reciclar residuos sólidos. Es decir, el empleo indirecto fue 5,4 veces más que el directo; razón por la cual, la creación neta de trabajo es siempre positiva a pesar de las pérdidas de empleo por tecnologías convencionales.

Continuando con este análisis, se puede realizar una comparación relevante a partir de un estudio realizado por REN 21 sobre la creación de empleo de las principales fuentes energéticas renovables, entre las que se encuentra la energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria a partir de SST. Según el estudio de REN 21 (2011a: 47) “alrededor del mundo, los trabajos directos creados en energías renovables excedieron los 3,5 millones²⁵ en 2010”. Adicionalmente, REN 21 (2011a) destaca que mientras las economías desarrolladas han llevado el liderazgo tecnológico en energías renovables, los países en desarrollo han jugado un rol muy importante y creciente, lo cual se ve reflejado en su empleo.

China, Brasil e India representan una gran proporción del empleo total mundial en energías renovables, con un rol protagónico en las industrias de energía eólica, SST y biocombustibles. Además de la fabricación, muchos de estos empleos se encuentran en las instalaciones, operaciones y mantenimiento, así como en la producción de materia prima para biocombustibles. Se espera que los puestos de trabajo crezcan a buen ritmo con el crecimiento de la industria y del mercado; esto, a pesar de que la creciente automatización de producción y las economías de escala en servicios de instalación pueden moderar la tasa de crecimiento del empleo por debajo del crecimiento de mercado (REN 21, 2011a: 47).

Cuadro N° 3. Trabajos generados por energías renovables

Industria	Trabajos directos en el mundo	Estimaciones nacionales de países seleccionados
Biocombustible	>1.500.000	Brasil 730.000 por producción de etanol
Energía eólica	~630.000	China 150.000 / Alemania 100.000 / EEUU 85.000 / España 40.000 / Italia 28.000 / Dinamarca 24.000 / Brasil 14.000 / India 10.000
Calentadores solares de agua (SST)	~300.000	China 250.000 / España 7.000
Solar fotovoltaico (PV)	~350.000	China 120.000 / Alemania 120.000 / Japón 26.000 / EEUU 17.000 / España 14.000
Energía de biomasa	-	Alemania 120.000 / EEUU 66.000 / España 5.000
Hidroelectricidad	-	Europa 20.000 / EEU 8.000 / España 7.000
Geotérmica	-	Alemania 13.000 / EEUU 9.000
Solar Térmico Concentrado (CSP)	~15.000	España 1.000 / EEUU 1.000
Total estimado	>3.500.000	

Fuente: REN 21, 2011a: 47

Elaboración: Iván González G.

Cabe destacar del cuadro 3, que la energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria (mediante SST) representa casi el 9% del empleo directo generado en energías renovables a nivel mundial, con más de 300.000 plazas de trabajo creadas para el año 2010; cifra liderada

²⁵ No consideran trabajos indirectos, los cuales se estiman representan 10 veces más que los directos (REN 21: 2011a).

indiscutiblemente por China con la creación de más de 250.000 plazas de trabajo, en razón de su dominio del mercado de SST con una participación del 64% del mercado mundial para el mismo año.

Ecuador, por su parte, presenta la oportunidad de la creación potencial de aproximadamente 10.000 nuevos puestos de trabajo directos por fabricación, instalación y sustitución de tecnologías convencionales por 500.000 m² al año de SST. Sin mencionar que a estos empleos directos se le suman actividades relacionadas como el reciclaje de aluminio, vidrio y plástico, transporte, mantenimiento de los SST, comercio, etc. (MEER, 2008: 14).

2.2.2.2 Beneficios sociales

De igual forma, el uso masivo de SST trae importantes beneficios sobre la sociedad, los cuales son expuestos en la tabla 9.

Tabla N° 9. Beneficios sociales del uso de SST

Efectos sobre la sociedad y el Estado	Seguridad de uso por eliminación de riesgos de explosión, incendio o intoxicación por GLP, humo de combustión o incluso riesgo de electrocución con duchas eléctricas.
	Mejoras sustanciales en la salud de las generaciones actuales y futuras, gracias a una menor contaminación ambiental, que se traducen en mejoras en productividad y externalidades positivas sobre la calidad de educación, tasas de alfabetización, tasas de natalidad, tasas de mortalidad, esperanza de vida y, en general, el desarrollo de un país (IDAE, 2006: 62).
	Mejora de la calidad de vida y del bienestar social de las personas, tanto por las fuentes de ingresos creadas gracias a los empleos por inversiones "verdes", como por las mejoras en la salud asociadas a mejoras ambientales.
	Creación de polos de desarrollo a partir de la expansión de proyectos empresariales en energías renovables y con buenas prácticas ambientales, que serán viables económica y socialmente, gracias a su estabilidad y rentabilidad socio-económica.
	Fomento de empleos directos e indirectos que son de carácter no estacional y seguros, por lo cual se fomenta una sensación de estabilidad y bienestar de los trabajadores y sus familias (López, 2006: 71-73; ESTIF, 2006: 10).
	Promoción de un acceso descentralizado, independiente y sostenible de la energía en sectores rurales y de difícil acceso (al igual que los hogares vulnerables y de menores recursos); así como la descentralización y desconcentración poblacional en los centros urbanos, y con ello su impacto ambiental, debido a la independencia de requerimientos energéticos por GLP y electricidad (Castro, 2011: 89-90).
	Independencia de la red eléctrica pública o de compañías distribuidoras de GLP, con mayor comodidad y seguridad de suministro (independiente de los precios del GLP o electricidad); promoviéndose la autosuficiencia energética por agua caliente sanitaria durante todo el año gracias al funcionamiento constante y la larga vida útil de los SST que se abastecen a partir de la energía solar ilimitada y gratuita (IDAE, 2006: 62).
	Fomento de una consciencia cooperativa socio-ambiental (no individualista), que valora los recursos naturales escasos y cuenta con una consideración intergeneracional a largo plazo; promoviendo un cambio de mentalidad extractivista y rentista de la naturaleza hacia una más ambientalmente amigable, que cuenta con educación ambiental y promueve los derechos de la naturaleza y un desarrollo sostenible (en el tiempo) y sustentable (intergeneracional) (ESTIF, 2006: 8).

Elaboración: Iván González G.

Un ejemplo cuantificable de la importancia de invertir en energías verdes viene de la mano de un estudio de la EPA (2011b), donde se estipularon beneficios por USD 2 billones (30 veces más que los

costos) al cumplir con los requerimientos del “Clean Air Act” de 1990 de los EEUU hasta el año 2020; pues este resultado arroja un beneficio neto de 1,935 billones, respecto a los USD 65 mil millones estipulados en costos por cumplir con estos requerimientos para 2020.

Estos requerimientos proyectan mejoras sustanciales en la calidad de aire que conducen a una reducción significativa de la contaminación del aire relacionada con la muerte prematura y enfermedades, la mejora del bienestar económico de los estadounidenses, y mejores condiciones ambientales. El valor económico de estas mejoras se estima que alcanzará casi 2 billones para el año 2020, un valor que excede en mucho el costo de los esfuerzos para cumplir con los requerimientos del “Clean Air Act” de 1990. Los costos de los esfuerzos públicos y privados para cumplir con los requisitos, se esperan que alcancen un valor anual de unos USD 65 mil millones para 2020 (EPA 2011b: 2).

La razón principal por la que dicho estudio muestra que los beneficios exceden en 30 veces a los costos es debido a que “un aire más limpio lleva a una mejor salud y una consecuente mejor productividad para los trabajadores estadounidenses, así como el ahorro en gastos médicos por problemas de salud relacionadas con la contaminación del aire” (EPA, 2011b: 3), pues según el estudio se prevendrían 230.000 muertes, 3,2 millones de días escolares perdidos, y 13 millones de días de trabajo perdidos al año para el 2010, cifras que casi se duplicarían para el 2020, solo por cumplir con los requerimientos que demanda esta ley verde. Los beneficios mencionados, entre otros, figuran en la tabla 9.

2.2.2.3 Beneficios ambientales

Las principales ventajas ambientales de los SST para calentamiento de agua sanitaria se muestran en la tabla 10. Entre estos beneficios ambientales, destaca su eficiencia ambiental, su eficiencia energética, su no emisión de gases tóxicos y que causan efecto invernadero, su capacidad de remplazar el uso de combustibles fósiles, su apoyo en la disminución de la huella ecológica de las familias y ciudades, su promoción para el uso de otras fuentes renovables de energía y el uso racional, consciente y sustentable de recursos, entre otros.

2.2.2.4 Otros beneficios

Por último, se debe recalcar que no todos los beneficios de la energía solar pueden ser tangibles o expresados en términos monetarios, pues existen otros beneficios intangibles como:

- ✓ Cambio hacia una mentalidad independiente y eficiente, pues el usuario se vuelve su propio generador de energía de manera descentralizada y se promueve el ahorro y eficiencia energética.
- ✓ Apoyo y legitimidad de comunidades en programas de reciclaje y otras mejoras ambientales, incentivándose una consciencia “verde” que promueve la demanda y exigencia de mejores estándares de calidad y ambientales a las empresas. Además de otros “beneficios de naturaleza psicológica, como el sentimiento positivo que viene del cuidado del medio ambiente. En algunos países, poseer un SST se está convirtiendo en un símbolo de estatus positivo” (ESTIF, 2006: 8).

- ✓ Sensación de bienestar y una mayor conciencia ambiental en retribución a la creación de puestos de trabajo locales de carácter estable, sostenible y calificado, con altos salarios y buenas prestaciones sociales.
- ✓ Fomento de comunidades más limpias, con menos emisiones de carbono y reducida huella ecológica. A pesar de que los beneficios son intangibles, la gente es consciente y provoca un mayor espíritu de comunidad (ESTIF, 2006: 8).

Tabla N° 10. Beneficios ambientales del uso de SST

Efectos sobre el Ambiente y el Estado	Al obtener un flujo constante e inagotable de energía que proviene directamente del sol, los SST constituyen sistemas diversificados y autónomos de generación energética, libres de contaminación y sonido (IDAE, 2006: 66).
	Los SST presentan muy bajo impacto ambiental, ya que no contamina en absoluto su transporte ²⁶ , distribución ni consumo; pues su fabricación constituye el único impacto (mínimo) generado, que puede volverse impalpable de utilizarse insumos reciclables. Adicionalmente, incorporan tecnología de punta y utilizan muy poca agua (IDAE, 2006: 66; ESTIF, 2006: 8-11; ESTTP, 2009: 15).
	Los SST no emiten gases contaminantes perjudiciales para la salud, tampoco ningún tipo de desperdicio o residuo peligroso de difícil eliminación, gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático, ni efectos significativos sobre la flora y la fauna (IDAE, 2006: 66).
	Se remplaza la necesidad de utilizar combustibles fósiles no renovables, evitando los efectos directos de su utilización (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (excavaciones, pozos, minas, canteras, refinerías, etc.). Con ello, además salva especies animales y vegetales que serían afectadas bajo la utilización de fuentes fósiles o nucleares, entre otras externalidades negativas (ESTIF, 2006: 8).
	Ayudan a reducir los sumideros de energía típicos de los sistemas urbano-metropolitanos (i.e. de los espacios centrales) (Fernández, 2011), se disminuyen las emisiones de CO ₂ y otras emisiones que contaminan el aire (ESTIF, 2006: 8).
	Al utilizar SST se disminuye la huella ecológica ²⁷ por cada familia y se evita una considerable cantidad de emisiones de carbono ²⁸ , ayudando a prevenir el cambio climático y sus efectos devastadores sobre la naturaleza y sociedades (Moore et al, 2010).
	Se promueve a una mayor cantidad y calidad de políticas pro ambientales e inclinadas a potenciar el sector energético renovable en el país; así como normas, leyes y ordenanzas que las promuevan e instituyan en todos los niveles de gobierno, organizaciones sociales y la ciudadanía en general. De igual forma, el gobierno se ve beneficiado por el peso político ganado y mejoramiento de su imagen pública.
	Se promueve nacional e internacionalmente un uso racional de recursos naturales de manera sustentable, que será amigable con el medio ambiente para la actualidad y para el futuro, y que respeta y cumple los acuerdos internacionales para reducción de gases efecto invernadero (ESTIF, 2006: 8)

Elaboración: Iván González G.

²⁶ “Un elemento específico de la energía solar térmica, que la diferencia de otras fuentes de energía tanto convencionales como renovables, es que se genera directamente en los puntos de consumo, por lo que no requiere transporte ni creación de infraestructuras” (López, 2006: 67).

²⁷ La Huella Ecológica es una medida de cuanta tierra y agua biológicamente productiva una persona, población o actividad requiere para producir todos los recursos que consume y absorber los residuos que genera usando la tecnología y prácticas de manejo de recursos vigentes (Moore et al, 2011).

²⁸ Por cada 2m² de instalación solar térmica [la medida necesaria para satisfacer las necesidades de una familia promedio de 4 miembros], se evita alrededor de 1 tonelada de CO₂ al año. “Al extrapolar estos datos a los millones de familias usuarias de esta tecnología alrededor del mundo, obtenemos que nuestro planeta ahorró la emisión de más de 17 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera solo durante el año 2004” (López, 2006: 67).

Por todos los beneficios económicos, sociales, ambientales, entre otros, los SST devienen en ser:

La mejor opción para suplir las necesidades de calentamiento a largo plazo. En el largo plazo, el objetivo será satisfacer nuestra demanda de calentamiento lo más técnicamente posible mediante la energía solar, preservando la electricidad escasa, la biomasa y los recursos de combustibles fósiles para los casos en que el calentamiento solar aún no está disponible a un costo aceptable (ESTTP, 2009: 15).

Con estos SST se contribuye a proveer al Ecuador de “energía barata, segura y limpia, como base indispensable para el desarrollo y bienestar ciudadano; [pues, Ecuador] no puede seguir manteniendo formas de producción caras, contaminantes y de bajos niveles de confiabilidad operacional o estacionaria” (Acosta, 2007: 48). Por tanto, es de carácter apremiante potenciar el uso masivo de las fuentes energéticas renovables tanto de pequeña escala (como los SST) como de gran escala, con el fin de contribuir al cambio de la matriz energética ecuatoriana hacia una más sustentable, ambiental y socialmente responsable y menos dependiente de combustibles fósiles.

2.2.3 Costos de los SST

La eficiencia energética y el uso de energías renovables siempre representan altas inversiones, ya que la reducción del consumo de combustibles fósiles es sustituida por bienes de capital de tecnología más avanzada, tal como sucede con los SST. El recurso energético solar es gratuito, pero la inversión usualmente implica costos de capital considerables y endeudamiento.

2.2.3.1 Estimación de los costos totales de un SST

Al hablar de costos de generación de SST, generalmente se los relaciona únicamente con el costo de la tecnología (el dispositivo de microgeneración en sí mismo). Sin embargo, es importante tener en cuenta que el costo de un sistema de microgeneración totalmente instalado, es más complejo e incluye otros componentes y costos no relacionados con el capital.

En concordancia con lo expuesto, Bergman y Jardine (2009) presentan un desglose simple, pero interesante, del costo de un SST instalado. Este costo puede ser dividido en bienes de capital (los componentes físicos de la instalación), y en costos de instalación (mano de obra, costos de funcionamiento del negocio y una utilidad para la empresa encargada de producirlos). Los costos de los bienes de capital, pueden subdividirse en costos de microgeneración y costos de componentes esenciales y complementarios *BOS*²⁹ (costos que incrementan proporcionalmente con el tamaño del sistema. Por lo tanto, cualquier instalación de SST tendrá una mezcla de costes fijos, y de costes variables en función al tamaño de la instalación (que resultan en economías de escala para los sistemas más grandes), tal como se ilustra en la tabla 11.

²⁹ Los componentes BOS (Balance Of System) abarcan todos los componentes de un SST que no sean los paneles térmicos. Esto incluye el cableado, interruptores, un ondulador, las baterías en el caso de sistemas aislados, tanques de agua, montaje, plomería otros accesorios y controles.

Tabla N° 11. Criterios para la estimación de los costos totales de un SST

Tecnología	Costos de capital			Costos de instalación
	Microgeneración	BOS esenciales	BOS complementarios	
SST	Área del colector	Tanque de agua	Montaje en techos de hogares	Diseño del sistema
		Cableado e interruptores	Plomería	Mano de obra
		Ondulador	Accesorios	Andamios
		Baterías (solo en sistemas aislados)	Control de temperatura	Gastos generales y utilidad para empresa

Fuente: Bergman y Jardine, 2009

Elaboración: Iván González G.

Según ESTTP (2009), los costos de un SST ya son costo-competitivos con los sistemas de calentamiento de agua convencionales (i.e. calefones a gas y eléctricos) pero solamente si se los considera sobre la base de la vida útil completa del SST (usualmente 20 años). Esto se debe a que si se considera únicamente al costo de inversión inicial de los SST, se da la percepción errónea de mayores costos finales de dichos equipos; pues, si bien la inversión inicial en SST es alta, los costos de operación y mantenimiento son muy bajos a diferencia de las tecnologías convencionales.

En el cuadro 4 se muestra un análisis realizado por ESTTP (2009), donde se comparan y se proyectan al año 2030³⁰ los costos de generación de calor a partir de SST³¹, gas natural y electricidad en Europa. Como se observa, para algunos sectores de Europa (en la actualidad), los SST son mas eficientes en costos (debido a su mayor competitividad) en comparación a las tecnologías convencionales de calentamiento de agua. Dicha relación se volvería aún más favorable para el año 2030, donde los costos máximos de generación de agua caliente por gas natural superarían en 9,6 veces a los costos máximos por SST y los costos máximos por electricidad superarían a los SST en 10,9 veces.

Cuadro N° 4. Comparación de costos de tecnologías para calentamiento de agua sanitaria (ctv. USD/kWh)

Tecnología de Calentamiento de Agua	Hoy		2030	
	Europa Central	Sur de Europa	Europa Central	Sur de Europa
SST	9,2 - 21	6,5 - 15,7	3,9 - 7,9	2,6 - 5,2
Gas natural	11,1 - 38		22,3 - 76	
Electricidad	9,2 - 43,2		18,4 - 86,5	

Fuente: ESTTP, 2009: 28

Elaboración: Iván González G.

³⁰ Se asume que para 2030, el progreso tecnológico y economías de escala llevarán a una reducción del 60% de los costos. Adicionalmente un incremento real del costo de la electricidad y del gas natural en un 3%, sin tomar en cuenta la inflación (ESTTP, 2009: 28).

³¹ Se tomaron en cuenta a los SST de un rango de 500 – 10.000 kWh/año (pues un sistema de generación 2000 kWh/año podría satisfacer la mitad de la demanda de agua caliente de un hogar promedio de 4 miembros) (ESTTP, 2009: 28).

2.2.3.2 Costo de un SST: estudio de casos

Para determinar más específicamente los costos de un SST, se puede citar al estudio realizado por la Universidad de Zaragoza (Zabalza y Aranda, 2009), donde se rescatan dos casos específicos sujetos a un análisis simple de costos, según su aplicación de vivienda unifamiliar o multifamiliar en España.

Caso 1: SST prefabricado para una vivienda unifamiliar ocupada por una media de 4 personas.

Cuadro N° 5. Costo de un SST para vivienda unifamiliar

Caso 1: Vivienda unifamiliar (equipo prefabricado)	
Superficie de captación	2 m ²
Producción de energía	1.245 termias/año
Costo inicial del SST	975 USD/m ²
Gastos de operación y mantenimiento ³²	21 USD
Ahorro según energía sustituida ³³	109 USD/año para gas natural
	130 USD/año para GLP
	208 USD/año para electricidad

Fuente: Zabalza y Aranda, 2009

Elaboración: Iván González G.

Caso 2: SST por elementos (no prefabricado) para un bloque de 25 viviendas con una ocupación de 100 personas y producción solar centralizada.

Cuadro N° 6. Costo de un SST para vivienda multifamiliar

Caso 2: Bloque de 25 viviendas (instalación por elementos)	
Superficie de captación	38 m ²
Producción de energía	21.300 termias/año
Costo inicial del SST	715 USD/m ²
Gastos de operación y mantenimiento	13 USD
Ahorro según energía sustituida	1898 USD/año para gas natural
	2215 USD/año para GLP

Fuente: Zabalza y Aranda, 2009

Elaboración: Iván González G.

Como se observó, a pesar que el costo inicial del SST para viviendas multifamiliares es inferior, el ahorro según energía sustituida también es menor si se compara a nivel familiar con la energía sustituida por un SST para vivienda unifamiliar; pues los 2.215 USD/año ahorrados por sustitución de GLP para el bloque de 25 familias representan solamente 88,6 USD/año de ahorro por familia, valor inferior a los 130 USD/año ahorrados por una familia del caso 1. En ambos casos, el ahorro es mayor al tratarse del remplazo de electricidad, seguido de GLP y finalmente, gas natural; orden proporcional a los costos de generación de dichas fuentes energéticas.

³² Como ya se mencionó en el marco teórico, las labores de mantenimiento son simples y poco costosas, pues no sobrepasan al mantenimiento requerido por calefones a gas o duchas eléctricas. Cabe señalar que este costo de 21 USD esta sujeto a las condiciones de la economía española, donde las remuneraciones por trabajos manuales y de mantenimiento son mejor remuneradas que en Ecuador.

³³ A diferencia del caso ecuatoriano, en España no existen subsidios al GLP o electricidad; por lo cual, el ahorro para una familia promedio es mucho mayor al remplazar estas tecnologías convencionales por SST.

Retorno de la inversión

Para el mercado estadounidense, “el retorno de la inversión inicial [TIR] de un SST promedio es del orden del 15%, y aumenta a medida que aumentan los precios del gas y electricidad” (Olsen, 2005; citado en Chiras, 2006: 97).

Haciendo referencia al estudio recientemente citado de Zabalza y Aranda (2009), el equipo para vivienda unifamiliar (caso 1) tiene la capacidad de cubrir el 80% de las necesidades de agua caliente sanitaria para una vivienda de 4 personas, cumpliendo los condicionantes técnicos necesarios, durante una vida útil de aproximadamente 25 años. “Como se puede apreciar a partir de los ahorros obtenidos, el período de retorno de la inversión depende de la energía sustituida, y oscila entre los 9 y 18 años [sin apoyo Estatal]” (Zabalza y Aranda, 2009: 50).

Los plazos de recuperación tan altos hacen que no se la pueda considerar como una línea de negocio competitiva sin apoyo del Estado, aunque a la larga el beneficio es claro, pues una vez recuperada la inversión y dependiendo de los casos analizados, se pueden obtener beneficios económicos, si bien es cierto que no muy elevados (Zabalza y Aranda, 2009: 51).

El MEER (Rosero, 2011: 11-12) corrobora esta información, señalando que:

Los SST tienen un retorno positivo de la inversión en periodos de 10 a 15 años, en condiciones financieras al alcance de los sectores populares y los costos pueden disminuir gracias a las distintas subvenciones y ayudas del gobierno destinadas a fomentar el desarrollo de las energías renovables.

Entonces, al aplicar un fuerte incentivo estatal, el tiempo de retorno de la inversión cambia favorablemente, de manera que se reducen sus tiempos. Corroborando lo mencionado, el cálculo de Zabalza y Aranda (2009: 51) incorporó una subvención del Estado del 37% del costo de los SST, y obtuvo como resultado una disminución drástica del tiempo de retorno de la inversión en estos equipos, con 6 a 11 años para el caso 1 (vivienda unifamiliar) y con 10 a 12 años para el caso 2 (bloque de 25 viviendas).

Cabe señalar que, adicionalmente al apoyo del gobierno a los SST a través de mecanismos de incentivos, la incorporación de las externalidades negativas del consumo de combustibles fósiles en los costos, así como la progresiva tendencia a eliminar y focalizar los subsidios al GLP y a la electricidad que se presenta actualmente en Ecuador, harán que la tecnología solar se vuelva aún más rentable en el corto plazo.

2.2.3.3 Costos y características de los SST en Ecuador

Para esta investigación se proponen cuatro tipos de SST disponibles en el mercado ecuatoriano, que cumplen con los requerimientos técnicos para ser aplicados en el DMQ y que serán sujetos a análisis económico y contrastación en el capítulo 4 de esta investigación. Los equipos fueron sugeridos en una entrevista al Ing. Carlos Villalba del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), y consisten en colectores solares térmicos de placa plana híbridos (con sistema de apoyo eléctrico) con

funcionamiento de tipo termosifón³⁴ (por convección natural), con una vida útil de 20 años y con un área del panel que bordea los 2 m² supuesto a cubrir las necesidades de una familia promedio de 4 miembros. El primer SST es un equipo importado de Israel, gracias a una licitación realizada por el MEER; el segundo SST es un equipo de fabricación nacional, igualmente licitado por el MEER; el tercero es un SST importado de España por el Centro Ecuatoriano de Energía Solar (CEES); por último, un SST estandarizado por la Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).

El primer SST consiste en un equipo importado de Israel bajo la marca Chromagen, por el consorcio ecuatoriano Enerpetrol SA – Soltec, ganador de la licitación realizada por el MEER en el año 2011 (contrato N° 041 del INCOP) para la provisión, instalación y puesta en funcionamiento de 10.625 SST destinados a viviendas populares cofinanciadas por el MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda), en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo y Loja (INCOP, 2012). Según el Ing. Carlos Villalba, el equipo tiene una cobertura por energía solar del 90% (lo cual implica solamente 10% de requerimiento de apoyo eléctrico) y un precio final de USD 794 que incluye no solo el panel y componentes BOS esenciales que consideran la mayoría de equipos (tanque acumulador de agua, cableado, interruptores etc.), sino también costos BOS complementarios (instalación, montaje en techos, plomería, accesorios, control de temperatura, etc.), dejando de lado solamente los costos de mantenimiento (10 USD/año). El SST cumple con la norma técnica para calentadores solares SII de Israel, además de certificación europea “Solar Keymark” y “SRCC” de EEUU (INCOP, 2012) (ver foto 1).

El segundo SST, que fue igualmente sujeto a licitación por el MEER (contrato N° 024 INCOP), es de fabricación nacional por la empresa Acqua Corphitec que suministró 280 SST para viviendas populares cofinanciadas por el MIDUVI en las provincias de Chimborazo (40 SST), Imbabura (40 SST) y Pichincha (200 SST). Consiste de un equipo cuya cobertura por energía solar es del 80% (20% de requerimiento eléctrico) y un precio final de USD 889 que incluye costos primarios y complementarios, excluyendo mantenimiento anual (tal como el SST 1) (INCOP, 2012). El SST cuenta con certificación del INEN y aprobación técnica de la Escuela Politécnica Nacional, de conformidad con las Normas UNE-EN (españolas) (ver foto 2).

Por otro lado, el Centro Ecuatoriano de Energía Solar (CEES, 2012) presenta un SST importado desde España con una cobertura promedio por energía solar del 75% (25% de requerimientos eléctricos). Su costo de USD 1.100 incluye solamente costos primarios, estimándose USD 120 por costos de instalación y BOS complementarios, y USD 10 por mantenimiento. Este SST cuenta con certificado de calidad del ESTIF y ESTTP, y garantía de fabricante de 10 años. El equipo se ilustra en la foto 3.

Por último, desde la Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Jiménez (2009) planteó una homologación de colectores solares para su aplicación a gran escala en la ciudad de Riobamba³⁵. De

³⁴ El SST de termosifón funciona como sistema de circulación natural; donde, posterior a la entrada de agua fría al colector, el retorno de agua caliente hacia el reservorio de aguase realiza por efecto termosifón (cumpliendo un ciclo de evaporación y condensación constante), sin necesidad del uso de bombas de agua (Ordóñez, 2010). Según el MEER (Rosero, 2011: 10), constituyen los SST más optativos a utilizarse, pues no solo son suficientes para cubrir las necesidades de una familia promedio, sino que conllevan mayor eficiencia energética y de costos que los colectores de tubos al vacío; por lo cual son óptimos para climas templados como Quito.

³⁵ “La estandarización no solo permite la selección de equipos estandarizados en Riobamba, sino cualquier posición geográfica cuya radiación solar se encuentre en el rango entre 200 a 1000 W/m², que incluye a todos los lugares del Ecuador” (Jiménez, 2009: 115).

esta manera, se presentó un SST híbrido estandarizado por un costo primario de USD 820, costos de instalación y BOS complementarios estimados en USD 88, y costos de mantenimiento³⁶ adicionales. Se asumirá que para la ciudad de Quito este sistema cubrirá el 75% de los requerimientos de agua caliente sanitaria a partir de energía solar (25% de requerimientos de electricidad), en conformidad a la información proporcionada por el CEES (2012) (ver foto 4).

Foto N° 1. SST 1: equipo importado de Israel



Fuente: Entrevista del 30 de marzo de 2012 al Ing. Carlos Villalba (MEER).

Foto N° 2. SST 2: equipo de fabricación nacional



Fuente: Entrevista del 30 de marzo de 2012 al Ing. Carlos Villalba (MEER).

³⁶ Jiménez (2009) no presenta costos de mantenimiento, a pesar de señalar la necesidad de requerimientos mínimos del mismo, por tanto se asumen los costos de mantenimiento de 10 USD/año presentados por el MEER (2008).

Foto N° 3. SST 3: equipo importado por CEES



Autor: Iván González G.

Foto N° 4. SST 4: equipo homologado por la ESPOCH



Fuente: Jiménez, 2009.

Como se mencionó recientemente, para poder comparar los costos de los SST con los sistemas de calentamiento de agua convencionales, los costos totales no solamente deben estimar el costo primario (de inversión), entre otros costos complementarios por instalación y mantenimiento; sino también los costos de operación, que para el caso de los SST es muy reducido (debido a la energía gratuita e ilimitada del sol) y se limita a los requerimientos del sistema de apoyo eléctrico que bordean entre el 10% y 25%.

De igual manera, se deben tomar en cuenta los años de vida útil, que en el caso de los SST son superiores, con aproximadamente 20 años, en comparación a los 10 a 15 años de vida útil de los calefones a gas o los 2 años de vida útil de las duchas eléctricas (MEER, 2008: 7). En el capítulo 4 se presenta un cálculo que incluye costos de operación y vida útil de los equipos, de utilidad para el análisis costo-beneficio (tanto para el consumidor como para el Estado) por la implementación masiva de los cuatro SST planteados en el DMQ, con una evaluación de escenarios con incentivos para potenciar su uso y en carencia de los mismos.

Cuadro N° 7. Resumen de costos y características técnicas de los cuatro SST planteados

	SST 1	SST 2	SST 3	SST 4
Procedencia	Colector importado de Israel - Proyecto MEER de 10.625 SST (Contrato N° 041 INCOP)	Colector de fabricación nacional - Proyecto MEER de 280 SST (Contrato N° 024 INCOP)	Colector importado de España, con certificación europea	Colector híbrido estandarizado (ESPOCH)
Nombre de la empresa	Enerpetrol SA – Soltec	Acqua Corphitec	Centro Ecuatoriano de Energía Solar (CEES)	N/A
Costo primario del equipo	794 USD	889 USD	1.100 USD	820 USD
Área del Colector	2,04 m ²	2 m ²	2,3 m ²	2 m ²
Cobertura por energía solar	90%	80%	75%	75%
Sistema de apoyo eléctrico con sensor	✓	✓	✓	✓
Costos de Instalación	0 USD	0 USD	120 USD	88 USD
Costos de Mantenimiento	10 USD/año	10 USD/año	10 USD/año	10 USD/año
Características específicas	Cubierta de vidrio solar templado, suelda molecular (ultrasonido), aislamiento de poliuretano, armazón de acero galvanizado. Norma técnica para calentadores solares SII de Israel y la norma 12975 para el colector y el tanque. Certificación europea Solar Keymark y SRCC de EEUU.	Cubierta de vidrio solar templado, suelda simple, aislamiento de poliuretano, armazón de acero galvanizado. Certificado del INEN, con aprobación técnica de la Escuela Politécnica Nacional, de conformidad con las Normas UNE-EN (españolas).	Carcasa posterior de aluminio termo-conformada, sin ningún tipo de remache o tornillo, vidrio prismado solar, soldadura laser entre placa de absorción y tubos. <i>Certificación europea</i>	Cubierta de vidrio, placa absorbente de aluminio, tubería de cobre, aislamiento de poliuretano, estructura de acero.
Tanque	Tanque horizontal de 40 galones, interior de acero al carbón con recubrimiento porcelanizado y aislamiento de poliuretano, recubrimiento exterior de acero galvanizado con pintura anticorrosiva horneada.	Tanque horizontal de 40 galones, de aluminio galvanizado, material aislante de poliuretano, galvanizado y lacado con alta resistencia a la corrosión, aislamiento de espuma de poliuretano de doble fondo.	Tanque vertical de 40 galones, aislamiento de espuma de poliuretano de 5cm.	Tanque vertical de 40 galones, con aislamiento de espuma de poliuretano de doble fondo.
Temperatura alcanzada	50°C	50°C	40°C - 60°C	35°C - 40°C
Eficiencia	85%	78%	70%	58%
Vida útil	20 años	20 años	20 años	20 años

Fuente: Rosero, 2011: 11-12; MEER, 2011: 2; Jiménez, 2009; Ordóñez, 2010.

Elaboración: Iván González G.

Adicionalmente a los costos de los SST, existe una serie de barreras técnicas y no técnicas que dificultan el desarrollo de la energía solar térmica para calentamiento de agua. Estos obstáculos se presentan a continuación.

2.2.4 Obstáculos a la energía solar térmica

Uno de los mayores obstáculos técnicos de todos los sistemas solares, ya sean fotovoltaicos o térmicos, independientemente de los materiales o de la configuración, es la exposición climática. Sin embargo, los últimos avances técnicos han permitido desarrollar SST de alta tecnología a costos reducidos y con una vida útil que bordea los 20 a 25 años (tal como el SST 1 presentado en esta investigación). Dichos equipos avanzados poseen alta resistencia al viento, polvo, agua, temperaturas

altas y bajas, y elementos corrosivos como la lluvia ácida; así como una capacidad mejorada de captura y transformación de la energía solar disponible, aun en climas nublados y con poca radiación solar.

IEA (2011) recalca que el uso de la energía solar no produce contaminación del aire o del agua y tampoco gases de efecto invernadero por lo que constituye la fuente energética más limpia y eficiente ambiental; sin embargo, se señalan ciertos efectos indirectos sobre el medio ambiente que pueden ser mencionados:

Por ejemplo, hay algunos materiales tóxicos y productos químicos, junto con varios disolventes y alcoholes que se utilizan en el proceso de fabricación de células fotovoltaicas y térmicas. Pequeñas cantidades de estos materiales de desecho son producidos. Algunos SST utilizan fluidos potencialmente peligrosos (para transferencia de calor) que requieren manipulación y desecho adecuados (IEA, 2011: 1).

A pesar de esto, el impacto puede reducirse dramáticamente, no solo con regulaciones ambientales para desechos peligrosos sino también mediante campañas de recolección y reciclaje de los SST, al igual que con la utilización de insumos reciclables en su proceso de fabricación. De esta manera, su impacto ambiental se volvería impalpable, pues como ya se mencionó en sus beneficios ambientales, la energía solar térmica para calentamiento de agua sanitaria no contamina por transporte, distribución ni consumo (IDAE, 2006; ESTIF, 2006).

Otro obstáculo comúnmente mencionado es el impacto visual antiestético de los SST, pero según ESTIF (2006), este impacto visual no es muy diferente a los elementos estándar de construcción, tales como antenas parabólicas o ventanas en el techo. “Por tanto, este aspecto no debe ser sobrestimado ni ser tomado en cuenta sino para casos de edificios históricos y estructuras similares” (ESTIF, 2006: 9). Al contrario, como ya se mencionó, constituye un beneficio psicológico y social no cuantificable el que poseer un SST devenga en ser un símbolo de estatus positivo, como ocurre actualmente en algunos países de Europa (ESTIF, 2006).

OLADE (Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73), la CEPAL (Coviello, 2008: 26-30) y el Banco Mundial (Byrne et al, 2010: 49-54) indican diversos tipos de barreras que han impedido el “despegue” de los SST en América Latina y el Caribe, las cuales han sido abstraídas en la tabla 12.

Considerando estas importantes barreras, Coviello (2008: 49) insiste en la necesidad de incorporar sólidos mecanismos de incentivos que potencien el desarrollo de las energías renovables y ataquen sus principales barreras, pues “hoy, existen elementos no solamente técnicos, éticos y ambientales, sino también económicos que estarían abriendo el camino a la aplicación masiva de algunas de las energías renovables”; de tal forma que estos incentivos fiscales y financieros estén acompañados por otras medidas de política asociadas (i.e. incentivos regulatorios) que estén diseñados para atacar las barreras mencionadas y permitan el desarrollo de la energía solar térmica en el mercado (ESTIF, 2006).

Tabla N° 12. Barreras para el despegue de los SST en América Latina y el Caribe

Tipo de Barreras	Falla principal	Descripción
Económicas	Costos	Altos costos iniciales de los SST y largos períodos de recuperación de la inversión (aprox. 15 años), que son comparados con visión a corto plazo con las tecnologías convencionales (más baratas), sin considerar costos operacionales ni externalidades. Así como altos costos hundidos de las industrias locales productoras de SST (Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73).
	Mercado	Información asimétrica e incompleta sobre los SST, mercados inexistentes (a pesar del poder adquisitivo y voluntad de compra de las clases pudientes), dilema de los bienes públicos (al mercado no le interesa ofertar SST a gran escala si existen polizones que se benefician sin pagar), no se consideran las externalidades positivas potenciales de los SST como tampoco las negativas de los sistemas convencionales.
		Reducida disponibilidad de créditos privados para la adquisición de SST así como dificultad de acceso a los mismos y con altas tasas de interés asociadas a riesgos de no pago (por largos períodos de amortización de la inversión y bajos salarios de los consumidores). Altos costos de transacción y ausencia de mecanismos duraderos de cooperación financiera internacional (Byrne et al, 2010: 49-54).
	Estado	Subsidios directos e indirectos a las fuentes y tecnologías convencionales de calentamiento de agua (que adicionalmente gozan de experiencia industrial, economías de escala y no reconocen costos por externalidades), y falta de mecanismos de incentivos fiscales, tributarios y regulatorios que amortigüen esta ventaja injusta (lo cual intensifica las barreras institucionales y viceversa) (Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73).
	Crisis Económica	Ambiente económico negativo (en recesión) de la mayoría de países, que desincentiva tanto a los inversionistas como a los consumidores de SST debido al alto desempleo y bajo poder adquisitivo de la mayoría de consumidores.
	Corporativismo	Las relaciones geopolíticas corporativas inmersas en los mercados de energías por combustibles fósiles, hace que se produzcan conflictos de interés político-económicos de los conglomerados industriales y asociaciones de comercio sobre las políticas de gobierno, a favor de las energías fósiles.
	Sociedad y Cultura	Reducida capacidad de pago de los sectores de menor ingreso (áreas rurales y urbano-marginales) con imposibilidad de acceso a créditos (ESTIF, 2006: 12-17).
		Rechazo social a proyectos renovables por falta de información, comprensión y conciencia tanto de la población consumidora como de los grupos profesionales claves (productores, instaladores, diseñadores, arquitectos y otros) (Coviello, 2008: 26-30).
		Barreras culturales de origen histórico, exacerbadas por fallos de información, comodidad y acostumbramiento a la utilización de tecnologías convencionales para calentamiento de agua sanitaria.
Político Institucional	Legado institucional	Legado histórico de marcos institucionales, burocráticos, políticos, legales y regulatorios insuficientes, rígidos, centralizados e ineficientes con respecto a la institucionalidad de la energía solar térmica; con una tendencia a privilegiar solamente la extensión de proyectos renovables a gran escala (i.e. hidroeléctricas y eólicas) y a no reconocer los beneficios (externalidades positivas) de los SST, como tampoco a aplicar incentivos penalizadores a las energías fósiles por sus perjuicios (externalidades negativas) (Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73).
	Leyes	A pesar de existir marcos legales (de elaboración e implementación reciente), son demasiado generalizados (sin establecer normas, procedimientos ni objetivos claros y específicos) y carecen de fortaleza, holística e integralidad para promover la energía solar térmica; trayendo consigo una falta de obligaciones, estándares y certificaciones indispensables para poder garantizar y regular tanto la fabricación como la venta, instalación y mantenimiento de SST (Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73).
		Falta de legislación, incentivos de gobierno y mecanismos financieros que institucionalicen un esquema de inversión que se oponga a la inercia de mercado de invertir en combustibles fósiles, donde se pueda capturar las externalidades socio-ambientales positivas de la energía solar (Coviello, 2008: 26-30).
	Políticas Públicas y Regulaciones	Débil inserción de las energías renovables en las políticas energéticas y los marcos regulatorios nacionales (no obstante el enorme aumento del precio de los hidrocarburos) (Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73).
		Plazos demasiado cortos para los contratos de compra de energía, y límites presupuestarios para proyectos renovables.
		Desintegración y falta de consensos público-privados.

		Falta de institucionalización en la educación de profesionales con capacidad técnica, económica y ambiental que aporten al mercado de la energía solar como técnicos de producción, instalación y mantenimiento, y como inversionistas en la industria solar (Byrne et al, 2010: 49-54).
		Falta de campañas extensivas de difusión de información acerca de los beneficios de la energía solar térmica y su aplicación con SST para calentamiento de agua.
	Voluntad Política	Falta de voluntad política para realizar los cambios institucionales, legales y regulatorios que permitan reemplazar el uso de combustibles fósiles para calentamiento de agua sanitaria, debido al coste político de implementar medidas como la eliminación o inclusive focalización del subsidio al GLP y electricidad.
	Técnicas y Tecnológicas	Falta de infraestructura manufacturera así como restringida capacidad técnica, tecnológica y humana (exacerbado por la limitación institucional de capacitación, educación y difusión) para diseñar y desarrollar proyectos e iniciativas de implementación de SST; causando una seria falta de innovación, eficiencia y por lo tanto de competitividad (Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73).
		Inexperiencia, inexperticia, fallos de información y altos costos hundidos en las industrias locales de SST con des economías de escala y mercados complementarios fragmentados, poco desarrollo de cadenas de suministro y servicios de sistemas (Byrne et al, 2010: 49-54)
		Afectación de la crisis económica sobre la industria de SST nacional e internacional.
	Tecnología	Falta de tecnología y transferencia de conocimientos entre los países de la región, donde no se aprovechan mecanismos como "joint ventures" entre empresas (Byrne et al, 2010: 49-54; Luna, Noboa y Salvador, 2011: 73).

Elaboración: Iván González G.

Capítulo 3: Incentivos económicos a las energías renovables

“A estas alturas nadie puede poner en duda que la energía solar térmica es una opción más que interesante para abastecer de energía a millones de hogares” (López, 2006: 107). Sin embargo, como ya se mencionó en el capítulo anterior, el costo de inversión inicial en los SST pueden llegar a ser alto y la restricción presupuestaria de la mayoría de los hogares no les permite gastar un considerable porcentaje de su renta en uno de los equipos, aun contando con su “conciencia verde”. Adicionalmente, no existen incentivos de mercado para que los consumidores demanden masivamente dichos productos, sino, al contrario, el subsidio al GLP distorsiona a la baja el precio de mercado de equilibrio del hidrocarburo, por lo que no representa sus costos reales para los consumidores y, por tanto, desalienta la demanda efectiva de tecnologías energéticas renovables como los SST. De esta forma, sin incentivos del gobierno, la energía solar es apenas una utopía y, por tanto, dichos incentivos se vuelven indispensables “para conseguir que la energía solar térmica abandone su lento ritmo de crecimiento y cobre un papel protagonista³⁷ y popular en el escenario energético y en nuestras ciudades” (López, 2006: 108).

A mediano plazo, tanto el desarrollo de las tecnologías renovables (que disminuye sus costos), como la disminución de la oferta natural de combustibles fósiles y la asignación de los costos exactos de estos últimos (internalizando externalidades) serán clave para el despegue de las energías renovables. Referente a esto último, cuando los techos a la contaminación y mercados de externalidades se instituyan y generalicen alrededor del mundo, la energía solar será una fuente de energía mucho más viable; de hecho, con el comercio de derechos de emisión (REC), la energía solar será la mejor candidata dentro del grupo de fuentes energéticas renovables debido a su nula emisión de gases de carbono.

Sin embargo, al menos para el corto plazo, la energía solar no sería competitiva sin los incentivos del gobierno. Por esta razón, los gobiernos de varios países ofrecen devoluciones y exoneración tributaria para la industria solar, entre otros sistemas de incentivos. La expectativa es que si un gobierno proporciona suficientes fondos para el desarrollo de esta tecnología, al mismo tiempo que reduce y focaliza los subsidios directos e indirectos a los combustibles fósiles, con el tiempo la industria solar se volverá competitiva, sin requerir para ese entonces los subsidios del gobierno. Así pues, en esencia, la intervención del gobierno se sostiene sobre la creación de una nueva industria beneficiosa y deseable para la sustentabilidad.

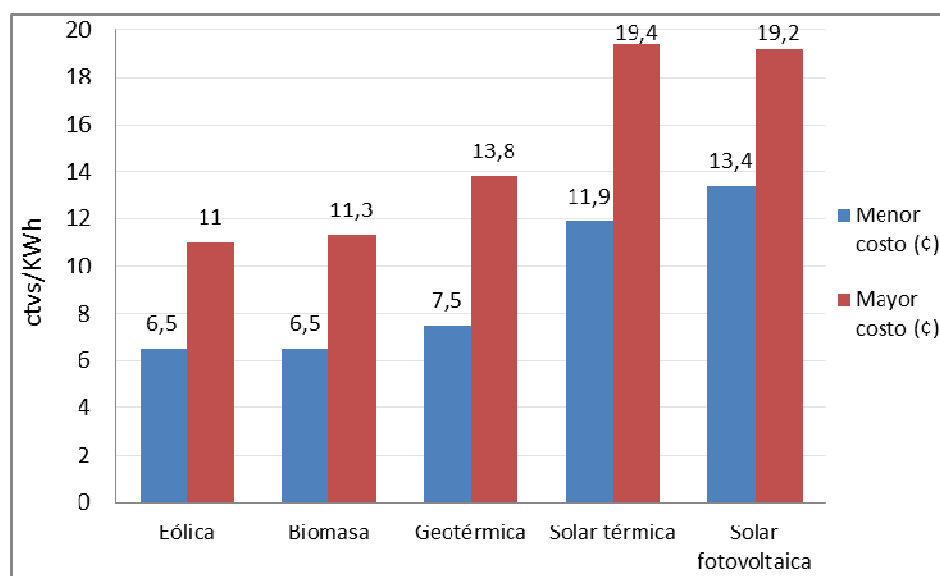
Para demostrar la importancia de los subsidios para la competitividad de las energías renovables, se puede tomar el gráfico 27 de Costos Nivelados de Energía (LCOE) del aporte de Lazard 4.0 (2010). Como se puede observar, al incluir los subsidios e incentivos estatales, se reconoce a la energía eólica³⁸, paralelamente con la biomasa, como las fuentes de energía renovable más baratas (con menor LCOE). A pesar de que la energía solar térmica resulta con unos de los mayores costos

³⁷ “Para que se produzca el despegue definitivo de esta tecnología será necesario contar con la voluntad de todos, desde arquitectos a promotores de viviendas, ayuntamientos, comunidades autónomas y ciudadanos, que como usuarios pueden asumir entre sus demandas la energía solar térmica como sinónimo de calidad de su vivienda y calidad de vida” (López, 2006: 108)

³⁸ Cabe recordar que la energía eólica, biomasa y geotérmica son costo-competitivas con las tecnologías de generación convencional a base de combustibles fósiles de EEUU, incluso antes de considerar externalidades.

nivelados de energía en comparación con las otras fuentes renovables, este costo no resulta para nada estrepitoso en contraste a las fuentes convencionales de energía, pues en el capítulo II ya se presentaron los altos costos directos e indirectos que implica el uso de los combustibles fósiles y sus subsidios; más aún, con la ayuda de un subsidio estatal a favor de la energía solar térmica, su Costo Nivelado de Energía llegaría a fluctuar entre 11,9 y 19,4 ctvs./kWh, acercándose considerablemente al Costo Nivelado de Energía del carbón que bordea los 11 y 14,1 ctvs./kWh.

Gráfico N° 27. LCOE comparativo para energías renovables bajo un esquema de incentivos



Fuente: Pound, 2010: 32; Lazard, 2010

Elaboración: Iván González G.

3.1 Experiencia con incentivos a las energías renovables

Las políticas para promover energías renovables han existido desde la década de 1980 (en unos cuantos países), desarrollándose y difundiéndose masivamente a partir del período 1998-2005, y con un auge desde el 2005 hasta la presente fecha. El número de países con algún tipo de política dirigida hacia las energías renovables se duplicó durante el período 2005-2011, de 55 políticas a más de 118, principalmente debido a que “al menos 96 países del mundo tienen algún tipo de política de apoyo a la generación de energía renovable [bien como incentivos, regulaciones o financiamiento]. Más de la mitad de estos países son países en desarrollo (‘economías emergentes’)” (REN 21, 2011a: 51).

Mitchell et al (2011; citado en Castro 2011: 99) señala que para la última década se ha impulsado una gama importante de políticas públicas (sobre todo en Europa), las cuales han sido efectivas en difundir y comercializar tecnologías renovables. Estas políticas se han centrado en promover la generación de electricidad por fuentes renovables, pero existe una creciente expansión de políticas para tecnologías de transporte, calefacción y calentamiento de agua. “El principal aporte de las políticas para fuentes de energía renovable es contribuir a superar las barreras a la implementación, la falta de capacidades en la fuerza laboral para desarrollar y adoptar tecnologías renovables; y las barreras de financiamiento”.

Adicionalmente, REN 21 (2011a) resalta no solo la cantidad de políticas pro energías renovables aplicadas de los últimos años (y, por tanto la predisposición mundial de apoyo a estas tecnologías), sino también la calidad e impactos positivos generados por las mismas, así pues:

La literatura acerca de políticas públicas muestra que las políticas han tenido un gran impacto en la velocidad y duración del desarrollo de las energías renovables, a pesar de sus problemas de diseño e implementación. Esta literatura también muestra que el crecimiento de mercado a menudo resulta de combinaciones de políticas públicas eficientes (REN 21, 2011a: 35).

De igual manera, un reporte del Panel Intergubernamental del Cambio Climático IPCC (Edenhofer et al, 2012) denota que las políticas gubernamentales juegan un papel crucial en la aceleración del despliegue de las tecnologías renovables. Pues, en la mayoría de casos, se requiere de políticas de incentivos que estimulen cambios en el sistema energético, con el fin de incrementar la participación de las energías renovables en la matriz energética de los países. Recalca, además, que no existe una política universal que se ajuste a todos requerimientos que cada país enfrenta y que los detalles del diseño y de la ejecución son fundamentales para determinar la eficacia de la política y su eficiencia.

Un marco de política de incentivos transparente y sostenido reduce riesgos de fracaso y de creación de incentivos perversos, por lo que su desarrollo es necesario y deseable, pues permite obtener rendimientos atractivos en un marco de tiempo relevante para la inversión, así como facilitar el despliegue de las energías renovables y la evolución de sus aplicaciones de bajo costo. La existencia de un ambiente "favorable" como el descrito puede aumentar la efectividad y la eficiencia de las políticas para promover el despliegue de las energías renovables (Edenhofer et al, 2012).

La prestigiosa red internacional de políticas renovables REN 21, en su artículo “Renewables 2011 Global Status Report”, presentó una serie de tablas comparativas que muestran los tipos de políticas renovables más utilizadas en varios países del mundo. Entre estas tablas, cabe destacar dos de ellas, pues presentan a los países en dos grandes grupos: países de altos ingresos per cápita (USD 12.196 o más) y países con ingresos per cápita medio-bajos (entre USD 996 y 3.945), entre los que se encuentra Ecuador y, por tanto, se considera un grupo relevante de análisis y de contraste con relación al primero.

3.1.1 Políticas comunes en países desarrollados

Según la investigación de REN 21 (2011a: 53), los países con altos ingresos per cápita que lideran en cantidad de políticas renovables para el año 2011 son (en orden de importancia): Italia, Portugal, EEUU, Dinamarca, Canadá y Francia, con una aplicación entre 8 a 11 políticas simultáneas en cada país. En cuanto al tipo de política más implementado por este bloque, se encuentran las de tipo regulatorio, seguidas de los incentivos fiscales y, por último, las de financiamiento público.

Políticas regulatorias

En las políticas regulatorias destacan la aplicación de tarifas preferentes (feed-in tariff) para generación eléctrica; mandatos para la utilización obligatoria de biocombustibles; y los certificados de energías renovables transables (tradable REC).

Incentivos fiscales

Destacan, por su mayor número de participación, los subsidios y devoluciones al capital para inversión en energías renovables. Les siguen las reducciones tributarias (IVA, ICE, etc.) en equipos de tecnologías renovables, y los créditos tributarios para la inversión en tecnologías renovables. Finalmente, con participación limitada, se ubican los incentivos fiscales mediante pagos por energía producida (REP).

Cabe destacar que de la totalidad de políticas públicas analizadas, la más utilizada por este grupo de países con altos ingresos per cápita (86% de aplicación) son los subsidios y devoluciones al capital para inversión en energías renovables.

Financiamiento público

Por último, de los incentivos por financiamiento público dentro de los países desarrollados, destacan las inversiones y préstamos públicos, seguidos de las licitaciones públicas para energías renovables, con una participación menor.

3.1.2 Políticas comunes en países en vías de desarrollo

Según la investigación de REN 21 (2011a: 54), los países con ingresos per cápita medio-bajos que lideran en cantidad de políticas renovables para el año 2011 son, en orden de importancia: Filipinas, India, China, Indonesia, y El Salvador, con la aplicación de 6 a 10 políticas renovables. En cuanto al tipo de política más implementado por este bloque, se ubican las de financiamiento público (con el 45% de los países que las utilizan), las políticas de incentivos fiscales (con el 35%) y, por último, las políticas regulatorias (con el 19%).

Financiamiento público

De los incentivos por financiamiento público dentro de los países en vías de desarrollo, destacan las inversiones y préstamos públicos, seguidos de las licitaciones públicas para energías renovables, con una participación menor.

Incentivos fiscales

Destacan, por su mayor número de participación, las reducciones tributarias (IVA, ICE, etc.) en equipos de tecnologías renovables. Les siguen los subsidios y devoluciones al capital para inversión en energías renovables, y los créditos tributarios para la inversión en tecnologías renovables. Finalmente, con participación limitada, se ubican los incentivos fiscales mediante pagos por energía producida (REP).

Cabe destacar que de la totalidad de políticas públicas analizadas, la más utilizada por este grupo de países de ingresos per cápita medio-bajos son las reducciones tributarias de los impuestos a pagarse

en ventas, energía, IVA, etc. para compras provenientes de fuentes renovables, con el 64% de los países aplicando dicho incentivo fiscal.

Políticas regulatorias

Por último, de las políticas regulatorias, destaca la aplicación de tarifas preferentes (feed-in tariff) para generación eléctrica, muy seguido de la aplicación de mandatos para la utilización obligatoria de biocombustibles. Por último, los certificados de energías renovables transables (tradable REC).

Contrastando ambos análisis presentados por REN 21 (2011a: 53, 54), se puede destacar, en primera instancia, que los países de altos ingresos per cápita tienden a utilizar más políticas de tipo regulatorio que de incentivos (en las cuales las políticas de financiamiento son las menos utilizadas), especialmente mediante la aplicación de tarifas preferentes “feed-in tariff” para generación eléctrica y apoyo a biocombustibles. Por otro lado, en los países de ingresos per cápita medio-bajos (entre los que se encuentra Ecuador), se tiende a apoyar políticas de intervención más directa mediante financiamiento e incentivos fiscales, en las cuales se destaca la aplicación de inversión pública, reducciones tributarias, subsidios y devoluciones al capital, y créditos tributarios para inversión en fuentes energéticas renovables.

Por otro lado, la política pública más utilizada por ambos grupos corresponde a la categoría de incentivos fiscales, ya sea mediante subsidios y devoluciones al capital (86% de los países de altos ingresos per cápita), o mediante reducciones tributarias (64% de los países de ingresos medio-bajos).

3.1.3 Experiencia ecuatoriana con incentivos a las energías renovables

Ecuador ha jugado históricamente un papel bastante limitado en la aplicación de incentivos para promover energías renovables. Según la tabla presentada por REN 21 (2011a) se muestra la aplicación de una sola política nacional en el área de regulación, específicamente el incentivo regulatorio de tarifas preferentes (feed-in tariff³⁹) para generación eléctrica, dejando de lado cualquier tipo de política de incentivos fiscales o de financiamiento público a nivel nacional. Adicionalmente,

La experiencia en países en desarrollo indica que el éxito de políticas de precios preferentes [feed-in-tariff] requiere apoyarse en otras políticas de financiamiento público e incentivos fiscales. Cuando los proyectos en energía renovable requieren altos costos de capital, por ejemplo, no bastan los buenos precios si no hay acceso a crédito (Elizondo y Barroso, 2011; citado en Castro, 2011: 99)

En el caso de Ecuador, este complemento e incentivos para financiamiento de proyectos energéticos es un tema pendiente. El sector energético está visto como un sector estratégico estatal, por ello, el desarrollo de grandes proyectos está a cargo del gobierno nacional que gestiona fondos para la inversión en infraestructura eléctrica con gobiernos y empresas transnacionales, así como con entidades de crédito internacional como CAF y BID (Conelec, 2009; citado en Castro, 2011: 99-100).

³⁹ “En el Ecuador se aplica la política pública de precios preferentes (feed in tariff) a la electricidad generada con fuentes de energía renovable desde abril de 2011 en que se aprobó la regulación del Conelec (Regulación No. CONELEC – 004/11)” (Castro, 2011: 99).

La participación de las fuentes energéticas renovables en la matriz energética del Ecuador considera fuentes como el biogás proveniente de la agroindustria, biocombustibles para transporte, proyectos de SST para calentamiento de agua y, con especial énfasis, generación de electricidad por fuentes energéticas renovables (proyectos eólicos, solar fotovoltaicos y sobretodo hidroeléctricas) (Rosero y Chilibingua, 2011). Un resultado negativo de dichas políticas es que se han descuidado los proyectos de pequeña escala y con aplicación descentralizada (como los SST), pues gran parte de los proyectos renovables (y su presupuesto) se limitan a ser de gran escala, de aplicación centralizada, y con el único objetivo de generación eléctrica por fuentes renovables que remplace el uso de centrales termoeléctricas a base de combustibles fósiles. Adicionalmente, OLADE (Rosero y Chilibingua, 2011: 3) resume los proyectos en energías renovables más relevantes por tipo de tecnología:

a) biomasa, proyectos de cogeneración utilizando el bagazo en la industria azucarera; b) eólica, parque eólico en operación ubicado en la Isla San Cristóbal; c) biogás, utilización con fines energéticos y la captación del biogás para reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, sin utilización energética; d) mini-centrales hidroeléctricas, que utilizan el potencial hídrico para la generación de electricidad; y, e) biocombustibles, a través del proyecto piloto en Guayaquil, para introducir la mezcla de 5% de etanol anhidro con la gasolina extra, creando de esta manera el combustible “ECOPAIS”, y a través del proyecto piloto Piñón – Galápagos, para remplazar el diesel que se usa para generación eléctrica en la Isla Floreana, utilizando aceite vegetal puro de piñón (*Jatropha Curcas*) cultivado en la provincia de Manabí.

En cuanto al marco institucional, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) es responsable del diseño y gestión de programas de desarrollo de energías renovables, mientras que el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) se faculta de la regulación del sector eléctrico, de la aprobación de concesiones para el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y de la fijación del precio de estas energías (Rosero y Chilibingua, 2011).

Por otro lado, en estos últimos años se ha desarrollado una base legal indispensable para el desarrollo de las energías renovables en Ecuador, la cual no solo legitima sino exige el actuar del Estado a través de políticas de incentivos.

3.1.3.1 Legislación pro renovable

Es indispensable la existencia y fortalecimiento de una legislación que apoye a las energías renovables y motive el establecimiento de políticas de incentivos a nivel nacional, provincial y distrital con el fin de canalizar los planes de gobierno hacia proyectos efectivamente alineados con el desarrollo de las energías renovables. En este sentido, Ecuador ha dado un salto cuantitativo y cualitativo en cuanto al establecimiento de esta legislación pro renovable, tal como lo demuestra la Constitución de la República del Ecuador 2008 en su Art. 413:

El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

De igual manera, el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013 señala que: “La producción, transferencia y consumo de energía debe orientarse radicalmente a ser ambientalmente sostenible a

través del fomento de energías renovables y eficiencia energética.”; como también señala que para provocarse un cambio en la matriz energética,

La participación de las energías renovables debe incrementarse en la producción nacional. Para el cumplimiento de este objetivo, los proyectos hidroeléctricos del Plan Maestro de Electrificación deben ejecutarse sin dilación y, adicionalmente, debe impulsarse los proyectos de utilización de otras energías renovables: geotermia, biomasa, eólica y solar.

Los planes y programas para el uso eficiente de la energía deben centrarse fundamentalmente en los sectores industrial y residencial. En relación a ciudadanos y ciudadanas, es necesario generar la conciencia del ahorro energético consistente con un consumo sustentable. [...] Los ahorros energéticos vienen emparejados con la disminución de contaminantes y con la reducción en los impactos en el cambio climático.

Finalmente, la soberanía integral contempla también la soberanía energética, por lo que es importante desarrollar las capacidades productivas que nos permitan el autoabastecimiento energético, en particular, de electricidad (Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013, p. 119-121)

Más puntualmente, el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013 señala como una de sus políticas y lineamientos base, en su política 4.3: “Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles”; para lo cual es imperativo:

- a. Aplicar programas, e implementar tecnología e infraestructura orientadas al ahorro y a la eficiencia de las fuentes actuales y a la soberanía energética.
- b. Aplicar esquemas tarifarios que fomenten la eficiencia energética en los diversos sectores de la economía.
- c. Impulsar la generación de energía de fuentes renovables o alternativas con enfoque de sostenibilidad social y ambiental.
- d. Promover investigaciones para el uso de energías alternativas renovables, incluyendo la mareomotriz y la geotermia, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.
- e. Reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles en vehículos, embarcaciones y generación termoeléctrica, y sustituir gradualmente vehículos convencionales por eléctricos en el archipiélago de Galápagos.
- f. Diversificar y usar tecnologías ambientalmente limpias y energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto en la producción agropecuaria e industrial y de servicios.

De igual forma, la Ley de Gestión Ambiental, en su Art. 35 establece que “el Estado deberá crear incentivos económicos para las actividades productivas que se enmarquen en la protección del medio ambiente y el manejo sustentable de los recursos naturales”. Así mismo, el Texto Unificado de Legislación del Ministerio del Ambiente, en su Art. 7, de las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador, establece que:

El Estado ecuatoriano propenderá al establecimiento de incentivos de varios órdenes para facilitar el cumplimiento de regulaciones o para la aplicación de iniciativas propias de los habitantes del Ecuador o de sus organizaciones, tendientes a lograr la adecuada gestión ambiental en el país, por ejemplo privilegiando actividades productivas y otras enmarcadas en tecnologías y procedimientos ambientalmente sustentables.

De esta forma, la ley promueve el establecimiento de incentivos a las energías renovables dentro del territorio ecuatoriano. Existen algunos ejemplos de aplicación de incentivos a las energías renovables de diversas índoles; sin embargo, esta investigación centra su atención sobre los incentivos para

potenciar la energía solar térmica de baja temperatura para calentamiento de agua sanitaria (SST), específicamente.

A pesar del gran avance que implica el reconocimiento legal de la importancia de las fuentes energéticas renovables y sus políticas de incentivos para potenciarlas, el escenario ecuatoriano está envuelto en la misma problemática que presenta la no promoción de la energía solar térmica, debido a marcos legales y políticos débiles, no holísticos, ni integrales, en la que se enmarca la mayoría de países latinoamericanos y del caribe, tal como lo menciona OLADE (2011: 142):

Las leyes que se han elaborado, son muy generales y no establecen ni fijan normas específicas ni claras, objetivos que deben cumplir, procedimientos a seguir ni una ruta comprensible que trace un camino para los hacedores de política, proveedores, consumidores y otros actores importantes en el sector.

3.1.3.2 Proyectos de energía solar térmica

Entre los proyectos que involucran la instalación de SST, cabe destacar tres casos mencionados en la entrevista del 30 de marzo de 2012 al Ing. Carlos Villalba del MEER. El primer caso corresponde al Plan de Impulso al Desarrollo del Mercado de la Energía Solar Térmica, que inició un proceso de instalación masiva de SST en las áreas urbanas del país. De igual forma, cabe mencionar los dos proyectos más recientes que involucraron compras masivas de SST a través del Instituto Nacional de Contratación Pública INCOP, materializadas en los contratos N° 024 (para 280 SST) y N° 041 (10.625 SST), ambos destinados a viviendas cofinanciadas con el bono de la vivienda otorgado a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador (MIDUVI) y con aplicación en Pichincha (proyecto social habitacional Ciudad Bicentenario, sector La Mena y Chimbacalle del DMQ), en Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Santo Domingo y Loja (INCOP, 2012).

Plan de Impulso al Desarrollo del Mercado de la Energía Solar Térmica

El plan, elaborado en el 2009 por la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética del MEER, permitió dar un impulso fundamental al desarrollo del mercado de SST en Ecuador (Rosero, 2011: 11-12). Este plan consistió en la instalación de 5.000 equipos de SST en edificios públicos, hospitales, colegios y escuelas públicas y en piscinas públicas.

Proyecto de 280 SST (Contrato N° 024 del INCOP)

Este proyecto responde al proceso de contratación del INCOP N° 041 (Cód. MEER-SIE-025-2009) del año 2010, cuyo objeto fue:

Contratar la provisión, instalación y puesta en funcionamiento de 280⁴⁰ sistemas de energía solar térmica para generar agua caliente sanitaria en viviendas cofinanciadas con el bono de la vivienda otorgado a través del MIDUVI, y 80 soportes estructurales adicionales para las viviendas que no tengan losa de cubierta (INCOP, 2012).

⁴⁰ Los 280 SST están conformados por 40 equipos para la provincia de Chimborazo, 40 para la provincia de Imbabura y 200 para la provincia de Pichincha; además de 80 soportes estructurales adicionales para las viviendas que no tengan losa de cubierta (INCOP, 2012).

La contratación se realizó por un proceso de subasta inversa a través del INCOP, por un valor total que incluye la provisión, instalación y puesta en funcionamiento de USD 249.000 para los 280 SST requeridos (o sea, USD 889,29 por equipo), por un plazo de entrega máximo de 120 días que fue finalmente adjudicado a la empresa ecuatoriana Acqua Corphitec Cía. Ltda.

Proyecto de 10.625 SST (Contrato N° 041 del INCOP)

Por su parte, este proyecto responde al proceso de contratación del INCOP N° 041 (Cód. SIE-MEER-017-2010) del año 2011, con el fin de:

Contratar la provisión, instalación y puesta en funcionamiento de 10.625 sistemas de energía solar térmica para generar agua caliente sanitaria en viviendas cofinanciadas con el bono de la vivienda otorgado a través del MIDUVI, en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo y Loja” (INCOP, 2012).

Esta contratación también se realizó a través de un proceso de subasta inversa por el INCOP, con un valor total que incluye la provisión, instalación y puesta en funcionamiento de USD 8.440.500 para los 10.625 SST requeridos (o sea, USD 794,4 por equipo), por un plazo de entrega máximo de 260 días, adjudicado a la asociación de empresas nacionales Enerpetrol SA – Soltec, que importó los equipos de marca Chromagen, Solar Water Solutions de Israel.

Cabe recordar que estos dos últimos proyectos presentados corresponden a los dos primeros SST descritos en el capítulo 2 de esta investigación y que serán evaluados económicamente en el siguiente capítulo.

3.2 Incentivos para potenciar SST

En la actualidad existe un importante aporte de las tecnologías de generación de calentamiento de agua por fuentes energéticas renovables a nivel mundial, donde “los gobiernos han optado tradicionalmente por las subvenciones de capital directas y créditos tributarios para su compra e instalación, pero las políticas más recientemente optadas han sido las que involucran neutralidad presupuestaria” (REN 21, 2011a: 59). En particular, ha existido una proliferación de mandatos obligatorios para la instalación de SST en nuevas edificaciones; tal es el caso de Israel, España, India, Korea del Sur, Uruguay y EEUU (Hawái) (REN 21, 2011a). El caso de Hawái es remarcable, pues se convirtió en el primer estado de EEUU en exigir la instalación de SST en nuevas casas unifamiliares.

Entre las políticas de incentivos más exitosas por su efectividad real de desarrollo e implementación masiva de SST, vale la pena recalcar el caso de Grecia. Pues, según la Federación Europea de la Industria Solar Térmica (ESTIF, 2006), Grecia fue el primer país de la UE en alcanzar un volumen masivo de ventas de SST al lograr que dichos equipos se conviertan en la tecnología estándar para calentamiento de agua sanitaria. En Grecia, la totalidad de los nuevos edificios se encuentran equipados con SST por diseño, los oferentes y comerciantes de SST están aprovisionados de equipos y capacitados para instalarlos, y la población está acostumbrada y aprueba su uso. Esto se atribuye al

desarrollo del mercado desde 1980, logrado gracias a una combinación de políticas de incentivos y fuertes campañas de sensibilización e información (ESTIF, 2006).

A pesar de que estos incentivos se han retirado gradualmente (hasta llegar a un punto de clausura total de los mismos en el 2004), y a pesar que desde el año 2003 no se han impulsado nuevas políticas de incentivos de gran escala, Grecia tuvo un nivel de ventas per cápita 30 veces más grande que el de Portugal e Italia para el año 2003 (aun considerando que estos tres países tenían similares condiciones económicas y climáticas). Por tanto, el caso griego deviene en ser un verdadero ejemplo de resultados positivos a largo plazo gracias a una política constante de incentivos correctamente implementados desde 1980. Este caso empírico demuestra la tesis de que una vez que se alcanza una cierta masa crítica gracias a los sistemas de incentivos, el mercado continuará creciendo sin el apoyo del sector público (con un potencial de crecimiento de 5 a 10 veces más de las siguientes dos décadas para el caso Griego) (ESTIF, 2006).

En el cuadro 8 se presenta un resumen de casos destacados por implementación de incentivos exitosos en la potenciación de SST a nivel internacional. Estos datos se tomaron de la Base de Datos de Políticas y Medidas Renovables de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2012) y de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA, 2012). En el cuadro se corrobora empíricamente la preferencia mundial a aplicar incentivos fiscales para potenciar el uso SST, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, con una tendencia a optar por subsidios en países desarrollados y por incentivos tributarios en países en vías de desarrollo. Es importante destacar que, con excepción de Brasil y Barbados, en la totalidad de países que se mencionan a continuación, existen cuatro estaciones muy marcadas, con temperaturas muy volátiles y agresivas con los equipos solares, y con menor radiación promedio por m^2 de panel que la existente en Ecuador⁴¹.

3.2.1 Aprendizaje de Europa respecto a sus incentivos para potenciar SST

Como se pudo constatar en el cuadro 8, y como valida el análisis de la CEPAL (Jiménez y Podestá, 2009); se puede afirmar que, en términos generales, Europa ha utilizado preferentemente las subvenciones como política de incentivos para potenciar SST, ya sea en la forma de subsidios directos o devoluciones, enfocadas tanto a oferentes (producción, instalación y mantenimiento), como a demandantes (comerciales y consumidores finales). Mientras que en América Latina y el Caribe se recurre, principalmente, a incentivos tributarios mediante créditos tributarios y deducciones (exenciones tributarias en pocos casos), igualmente enfocados a oferentes y demandantes de SST.

A continuación se presenta una serie de conclusiones derivadas del estudio realizado por la Federación de Industrias Solares Térmicas Europeas (ESTIF, 2006: 27, 28), en el cual se exponen tanto lecciones positivas (prácticas correctas), como debilidades evitables provenientes de la experiencia europea con el establecimiento de incentivos para el desarrollo de los SST.

⁴¹ La mayor parte del territorio ecuatoriano tiene un potencial anual promedio de 4,4 a 4,7 kWh/ m^2 /d en insolación global. Entre los lugares con mayor potencial de insolación global promedio se encuentran la ciudad de Quito (5,1 kWh/ m^2 /d), el cantón Sigchos y Pedernales (5,25 kWh/ m^2 /d), el sur del cantón Zapotillo (5,25 kWh/ m^2 /d), el oeste del mismo cantón (5,4 kWh/ m^2 /d) y el cantón Macará (5,5 kWh/ m^2 /d) (CIE en Castro: 2011: 91)

Debilidades evitables

- Los anuncios futuros de nuevos incentivos financieros o incrementos en los ya existentes tienen un efecto destructivo para el mercado en el corto plazo, pues los consumidores esperan que los incentivos sean restablecidos antes de efectuar nuevas compras o inversiones.
- La falta de continuidad lleva a una dinámica “Stop & Go”, lo cual desalienta las inversiones en energía solar térmica a largo plazo (sobre todo inversiones en nuevas plantas de producción, marketing y formación de profesionales). En tales circunstancias, es imposible el desarrollo de un mercado saludable.
- Sin medidas de acompañamiento adecuadas y específicas, los incentivos suelen ser ineficaces en potenciar un crecimiento significativo del mercado.
- Los procedimientos administrativos de carácter complicado y lento no funcionan si el consumidor necesita un nuevo SST inmediatamente (por ejemplo, debido a que su sistema de calefacción convencional se dañó).
- La falta de criterios de calidad (y sensibles) lleva a la instalación de muchos SST de baja calidad, los cuales ponen en peligro los objetivos a largo plazo.
- Otra posible distorsión puede surgir de los requisitos técnicos de los incentivos: se puede favorecer a una tecnología sobre otra. Por ejemplo, exigir una superficie de captación mínima de 2 m², independiente de la eficiencia del colector (tal como se hizo en Francia), trajo como resultado la instalación de sistemas de bajo rendimiento pero con mayor tamaño, en lugar de sistemas de mayor rendimiento pero más pequeños. Cualquier sistema de incentivos no debería favorecer la instalación de SST de menor calidad (ESTIF, 2006: 27-28).

Lecciones positivas aprendidas (prácticas correctas)

- Una estrategia de apoyo estatal a largo plazo, basada en un plan de incentivos adecuados y acompañado de otras medidas (en especial la sensibilización y la formación de profesionales) ha demostrado tener el mayor impacto en el crecimiento del mercado.
- Los incentivos específicos deben ser lo suficientemente grandes como para tener real efecto sobre el mercado.
- Para garantizar la continuidad de los programas de incentivos, debe haber disponibilidad suficiente de fondos en todo momento - si no se puede garantizar el acceso al presupuesto público, deben buscarse otras fuentes de financiamiento.
- Las aplicaciones y procedimientos de pago sencillos (en caso necesario) son indispensables para contar con amplia aceptación de los incentivos.
- Los requisitos de calidad de los SST plenamente compatibles con las normas nacionales vigentes fortalecen la confianza de los consumidores en la tecnología solar térmica y contribuyen al crecimiento de su mercado (ESTIF, 2006: 27-28).

Cuadro N° 8. Resumen de casos destacados de incentivos internacionales para potenciar el uso de SST

Nombre	País	Tipo de Incentivo	Receptor del incentivo	Descripción	Requisitos
LEY 20.365 Franquicia Tributaria SST Chile + Proyecto Incentivos Domésticos SST	Chile	Crédito Tributario + Subvención al Consumidor	Oferentes (empresas construcción e instalación) + Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Crédito tributario que cubre hasta el 100% del valor del SST y su instalación en viviendas nuevas. Empresas constructoras descuentan el crédito tributario contra su pago provisional obligatorio del Impuesto a la Renta de dicho mes (el remanente podrá imputarse a cualquier otro impuesto de retención o recargo que deba pagarse en la misma fecha, y el saldo remanente podrá imputarse a los mismos impuestos en los meses siguientes). Los SST cuentan con garantía de 5 años y estarán sujetos a inspecciones. Crédito tributario diferenciado y con cobertura progresiva respecto al valor de la vivienda. Duración: 4 años (Ago. 2009 - Dic 2013). Subvención directa para los consumidores por el 40% del costo del SST, con financiamiento sin intereses a 5 años plazo. Riesgos y garantía de préstamos asumidos por la Administración. Control de calidad periódico.	Solo para viviendas nuevas (casas y departamentos) con permiso de edificación donde se detalle el SST y obtengan la recepción municipal. Solo SST que cubran el 30% de demanda energética de agua caliente sanitaria y que los equipos incorporen colectores y depósitos acumuladores y estén certificados en registro de productos de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles de Chile (SEC).
Energy Star Federal Tax Credits for Consumer Energy Efficiency + California Solar Initiative Thermal Program + Modified Accelerated Cost Recovery System (MACRS)	EEUU	Crédito Tributario + Depreciación Acelerada + Devoluciones al Consumidor (California) + Préstamos preferenciales (Washington) + Mandatos obligatorios (Hawaii)	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Crédito tributario del 30% de los costos (incluyendo costos de instalación / mantenimiento), sin límite superior. Duración: 10 años (Ene 2006 - Ene 2016). Se deben pagar impuestos, pero con la ventaja de poder aprovechar los créditos tributarios que muchas veces superan el valor del impuesto. Se debe financiar el valor del crédito en el punto de compra del SST. Depreciación Acelerada: hasta por 5 años por instalaciones de SST. Devoluciones al consumidor: (solo en California) se reembolsa hasta el 25% del costo del SST adquirido y el monto del reembolso va directamente al contratista que instala el sistema para que el cliente no tenga que afrontar con su dinero antes de recibir el descuento. Las devoluciones por hasta 1,875 para los unifamiliares, y 500.000 para multifamiliares. Solo SST instalados después de 2009, hasta 2017. Los incentivos se reducirán a medida que se cumpla con ciertos objetivos. Presupuesto de 250 millones y la meta de instalar 200.000 nuevos SST. Préstamos preferenciales: (solo en Washington) préstamos al 0% de interés para la compra de sistemas de energía solar. Los pagos del préstamo se adhieren a la factura energética del cliente, por lo que el flujo de efectivo neto es el mismo y estos préstamos se vuelven transferibles a un nuevo propietario. Mandato obligatorio: Solo en Hawaii, obligación de instalar SST en todas las nuevas construcciones.	Los SST deben tener una certificación OG-300 (para unifamiliares) y OG-100 (para multifamiliares) del "Solar Rating and Certification Corporation (SRCC)". Al menos la mitad del agua caliente debe ser producida con energía solar térmica. Excluye SST para calentamiento/enfriamiento de aire y piscinas. Debe ser instalado en una casa donde se resida y sea propiedad (sin alquileres).
Contractors State License Board + Solar Rating and Certification Corporation (SRCC)	EEUU	Licencias para Contratistas + Políticas de Divulgación + Certificación de Equipos	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales), oferentes (producción, instalación & mantenimiento) y Organismos Reguladores	Contractors State License Board (Licencias para Contratistas): protege a los consumidores mediante expedición de licencias (previamente examinación) y regulación de la industria solar de California, además de educar a los consumidores acerca de los contratistas y las leyes que los protegen, también investigan denuncias contra contratistas con licencia y sin licencia, emiten citaciones, suspenden o revocan licencias, y buscan sanciones administrativas, penales y civiles contra los infractores. Solar Rating and Certification Corporation (SRCC) (Certificación de Equipos): certificación única, estandarizada, confiable y de reconocimiento nacional acerca de los SST. Es un mecanismo que alienta la compra de SST, desarrollando la confianza del consumidor, demostrando una tecnología válida, útil y eficiente en términos de ahorro de energía y de dinero, con criterios racionales y defendibles para las calificaciones de crédito de impuestos y otros programas de incentivos para energía solar.	
Renewable Heat Premium Payments	Reino Unido	Devoluciones al Consumidor	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Devoluciones al consumidor: se entrega un cupón válido por hasta £300 de subvención por cada unidad de SST una vez aprobados los requisitos, que será canjeado por efectivo una vez que se presente el cupón y las respectivas facturas/comprobantes de instalación del SST. Duración: 1 Agosto 2011 al 31 Marzo 2012. Hasta 2 ene 2012 se entregaron 1265 cupones, a un valor de £904.005.	Equipo SST debe estar certificado por el Microgeneration Certification Scheme (MCS) o Solar Keymark. Los cupones tienen fecha de vencimiento y el incentivo total tiene un límite de £10 millones.

Germany Market Stimulation Programme (MSP)	Alemania	2 Mandatos obligatorios + Subvención al Consumidor + Préstamos preferenciales	Oferentes (construcción e instalación) y Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Mandatos: A partir del 2009, todas las construcciones deben contar con una cobertura de o un 15% solar o 30% de biomasa o 50% de bombas de calor. Reglamentación térmica para viviendas nuevas (EnEv), con niveles de consumo energético no superiores a 50 kWh/m/año. Subvención directa a viviendas existentes por hasta 400 €/instalación. Préstamos preferenciales a baja tasa de interés para toda inversión que mejore la eficiencia energética del hogar (retrofit), donde se incluye a los SST.	Se debe cumplir con estándares y equipos instalados por profesionales.
Plan de Fomento de las Energías Renovables	España	Mandato obligatorio + Subvención al Consumidor	Constructoras y Consumidores	Subvenciones 30% del costo total. Obligatoriedad de instalación SST en todo el país en edificios nuevos, rehabilitaciones grandes y piscinas cubiertas. Mandato: ordenanzas que obligan a instalación en nuevas construcciones (más del 75% de las instalaciones del 2008, se deben a esta obligatoriedad) (IDAE, 2012). Crédito tributario: deducción de la declaración del impuesto a la renta por el 50% de los costes primarios del SST hasta EUR 8000 por persona, EUR 16 000 por pareja y EUR 400 por cada miembro extra en el hogar. Adicionalmente, si el comprador del SST paga bajo impuesto a la renta este recibe una devolución en efectivo por el mismo porcentaje, independientemente de los impuestos que tenga que pagar, con el fin de eliminar la injusticia por no poder deducir de sus impuestos la compra.	Requiere de mínimos de cobertura solar de acuerdo a ubicación y consumo (IDAE, 2012).
Plan Soleil	Francia	Crédito Tributario + Políticas de Divulgación	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Crédito tributario: deducción de la declaración del impuesto a la renta por el 50% de los costes primarios del SST hasta EUR 8000 por persona, EUR 16 000 por pareja y EUR 400 por cada miembro extra en el hogar. Adicionalmente, si el comprador del SST paga bajo impuesto a la renta este recibe una devolución en efectivo por el mismo porcentaje, independientemente de los impuestos que tenga que pagar, con el fin de eliminar la injusticia por no poder deducir de sus impuestos la compra.	Crédito tributario excluye costos secundarios (mano de obra, cableado y tuberías secundarias). Se debe cumplir con estándares y equipos instalados por profesionales. Aplica solo en hogar de propiedad personal.
Renewable Heat Program	Canadá	Apoyo en inversión + Depreciación Acelerada + Deducciones	Oferentes (producción, instalación & mantenimiento)	Ecoenergy (Inversión): de 36 millones en SST. Accelerated Capital Cost Allowance (Depreciación acelerada): del 50% del costo del SST. Canadian Renewable and Conservation Expense (Deducción): del 50% de ciertos gastos relacionados con la puesta en marcha del proyecto de inversión en SST (ej. carreteras, limpieza de terrenos, conexiones de servicio, ingeniería).	Programa Ecoenergy además incluyó certificaciones, licencias para contratistas, mandatos para nuevos edificios, difusión. Deducción no incluye gastos administrativos y de gestión, adquisición de tierras, propiedad de capital amortizable.
Renewable Energy Bonus Scheme	Australia	Devoluciones al Consumidor + Certificados REC (STC)	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Devolución: hogares existentes que cumplan con requisitos y sustituyan su calefón eléctrico por un SST pueden reclamar un reembolso directo (devolución) como depósito bancario de hasta USD 1.000. Hogares de nuevas edificaciones pueden optar por recibir Certificados REC (Small-Scale Technology Certificates STC en el caso del SST) a cambio de su SST y transferirlos en el mercado "STC Clearing House" a un precio máximo de 40 por cada STC.	Requisito de que el SST genere 20 o más Small-Scale Technology Certificates STC (Certificados REC) determinados por la Oficina Reguladora de Energía Renovable (ORER) para cada tipo de SST. Se debe cumplir con estándares y equipos instalados por profesionales. Se le puede solicitar información y evidencias para avalar su compra y utilización del SST como parte de un proceso de auditoría.
Financial Incentives for Investment in Residential Renewable Generation	Austria	Crédito tributario + Mandato + Subvenciones/p réstamos preferenciales + Garantías de Préstamos	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Crédito tributario: deducciones del impuesto a la renta con un tope de € 2.920 por año para los contribuyentes ordinarios, con deducción adicional de €2.920 para hogares de un miembro y €1.460 si con al menos tres niños que viven en el hogar (Solo el 25% de estas cantidades puede ser deducido de los ingresos). Mandato sobre nuevas edificaciones para utilizar SST. Las provincias federales otorgan subsídios o préstamos en condiciones favorables tomando en cuenta los estándares de construcción; además de conceder subvenciones a personas bajo condiciones especiales (por ejemplo, personas con discapacidad, adultos mayores, familias y hogares jóvenes) y garantías de préstamos .	Se debe cumplir con estándares y equipos instalados por profesionales. Debe ser instalado en una casa donde se resida y sea propiedad (sin alquileres).
Green Investment Scheme	Rep. Checa	Subvención al Consumidor	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Subvenciones por hasta la mitad del costo del SST. También ofrece subvenciones para cumplimiento de normas de construcción por retrofit. El bono es de USD 1.045 para viviendas individuales y 2.613 para edificios de apartamentos.	Se debe cumplir con estándares. Los hogares deben comprometerse a mantener en operación y dar mantenimiento del equipo durante 15 años.

ENERGYWISE Solar Water Heating Grants	Nueva Zelanda	Subvención al Consumidor	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Subvenciones en efectivo por hasta USD 822. Las subvenciones se ofrecen a través de equipos de SST que cumplan con ciertos estándares de energía, de precio y de instalación. Además, la página web www.energywise.govt.nz/solar cuenta con una calculadora en línea que permite estimar los ahorros potenciales de los diferentes SST para cada hogar.	Se debe cumplir con estándares y equipos instalados por profesionales. Debe ser instalado en una casa donde se resida y sea propiedad (sin alquileres).
Support for solar heating investments	Suecia	Subvención al Consumidor	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Subvención por USD 0,37 por kWh/año que el panel solar produzca, con un límite de USD 1.105 por cada hogar o edificio o apartamentos. La financiación es desembolsada a través de los gobiernos provinciales. Devolución inmediata por hasta EUR 1.641,70 por un "Kit" de SST que incluye equipos auxiliares y un mantenimiento anual y garantía por 6 años. El kit se adquiere a un costo competitivo, por economías de escala en las licitaciones del gobierno y productores. Adicionalmente un convenio con 4 bancos comerciales grandes que otorgan préstamos preferenciales a bajas tasas de interés para los que necesiten cubrir el resto del costo del SST y un monto no reembolsable del 45% para empresas pequeñas y 40% para medianas. Por último, se aplican créditos tributarios según legislaciones internas para la instalación de los SST.	Se debe cumplir con estándares y equipos instalados por profesionales. Se solicita información para monitoreo y evaluación
Solar thermal incentive scheme	Portugal	Devoluciones al Consumidor + Licitaciones + Préstamos + preferenciales + créditos tributarios	Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Exenciones tributarias: 0% Impuesto a la Renta Corporativo para empresas productoras de SST y 0% IVA a la venta de SST. Zonas francas: aranceles altos a importación de SST, para incentivar la producción nacional. Mandato obligatorio empresas suministradoras de energía utilizar el 0,5% de sus utilidades netas para inversión de SST en hogares de bajos ingresos y en Sao Paulo obligación de SST en nuevas construcciones. Certificación y garantía por 7 años para cada SST. Préstamos preferenciales: a bajas tasas de interés y con facilidades de pago para familias con ingresos de 3a6 salarios mínimos vitales, limitando su pago a un máximo del 20% de su ingreso mensual. Inversiones: 1 millón de viviendas populares equipadas con SST.	Se debe cumplir con estándares y equipos instalados por profesionales. Debe ser instalado en una casa donde se resida y sea propiedad (sin alquileres).
Minha casa, minha vida	Brasil	Exenciones tributarias + Zonas francas + Mandato + Certificación de Equipos + Préstamos preferenciales + Inversiones	Oferentes (producción) y Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)	Inversiones: en la etapa inicial, donaciones del Estado y ONGs a pequeñas empresas productoras de SST, empresas dieron garantías de 5 años por los equipos. Licitaciones: compra de 384 SST a productores locales para proyecto de viviendas populares. Créditos tributarios: deducción de la totalidad del costo del SST (intereses, reparaciones, renovaciones, dispositivos extras de ahorro de energía o agua, calentadores solares y tanques de almacenamiento de agua) por hasta USD 1750. Zonas francas: exoneración 20% de aranceles a materia prima para SST. Impuestos verdes: impuesto del 50% del precio de calefones convencionales para desincentivar su consumo. Préstamos preferenciales: a bajas tasas de interés y con facilidades de pago para inversiones en SST.	Se debe cumplir con estándares y equipos instalados por profesionales.
Homeowners Income Tax for SWH	Barbados	Inversiones + Licitaciones + Créditos tributarios + Zonas francas + Impuestos Verdes + Préstamos preferenciales	Oferentes (producción) y Demandantes (Comerciales y Consumidores finales)		

Fuente: IEA, 2012; IRENA, 2012.

Elaboración: Iván González G.

Capítulo 4: Implementación de energía solar térmica en el Distrito Metropolitano de Quito

4.1 El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)

La ciudad de San Francisco de Quito, capital de la República del Ecuador y de la provincia de Pichincha, es la segunda ciudad más grande y poblada del país, cabecera del área metropolitana que la forma, conocida como Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). “La ciudad forma un armonioso conjunto sui generis, donde las acciones del hombre y la naturaleza se unen para crear una obra única y trascendental de su clase” (UNESCO, 2012). Con su centro histórico y sus edificios es un ejemplo sobresaliente de la escuela barroca de Quito, una fusión del arte europeo e indígena.

En el año 2010, Quito fue declarada Capital Americana de la Cultura por el Buró Internacional de Capitales Culturales (IBOCC), adicional al título de Primer Patrimonio Cultural de la Humanidad, otorgado por la Unesco desde septiembre de 1978. Estas distinciones culturales convierten a Quito en un referente cultural regional y mundial, e impulsan conservar una serie de conventos coloniales, iglesias, arte, costumbres y cultura (Conquito, 2012).

El Centro Histórico es considerado una verdadera joya artística y viviente, que en 320 hectáreas, reúne a 130 edificaciones monumentales y 5.000 inmuebles registrados en el inventario municipal de bienes patrimoniales, siendo así el más grande, menos alterado y mejor preservado de América.

Quito fue cuna de la mezcla milenaria de pueblos y culturas que hicieron de esta ciudad un sitio único y que en la actualidad atesora cuatro siglos de memoria, encuentros, de conciencia y rebeldía, de creación y fe, de arte y conocimiento ancestral, de vida, tesón y esperanza. De ahí que ser la Capital Americana de la Cultura, no es solo un título. Es el mérito de todas aquellas generaciones que hicieron de la ciudad el tesoro cultural en el que se ha convertido (Conquito, 2012).

Quito se constituye como una ciudad única y emblemática por su topografía, cultura y urbanismo. Espinosa (2012) describe poéticamente a esta maravillosa ciudad así:

Situado al sur de la línea equinoccial en las faldas del cerro Atacazo, del volcán Guagua Pichincha y del macizo del Ruco Pichincha, Quito se despeña desde los 2.850 m. de altura a los valles más abrigados de Los Chillos y Tumbaco luego de trepar las suaves colinas orientales paralelas a esos montes parcialmente ceñidas por el río Machángara, estos accidentes albergan a dos Quitos contrapuestos: el que serpentea a lo largo de 35 km. solo interrumpidos por el Panecillo o Yavirac, cúspide de una antigua reventazón del volcán y el de los valles orientales. Bañada por una pluviosidad anual de 500 a 2000 mm, la semi húmeda ciudad unas veces tirita y otras goza con una temperatura media de 16 grados. Cuando soplan los vientos y calienta un sol inmisericorde, la clarísima luz de su atmósfera permite contemplar un paisaje centellante por las nieves perpetuas de sus seis mágicas montañas. En los días de invierno, la ciudad invadida por la niebla del páramo se torna fantasmal y se unimisma en su soledad de frío y de misterio.

Al erguirse como una de las ciudades capitales más antiguas de Sudamérica, con una población de 2.231.191 habitantes (INEC, 2011) (aproximadamente el 15% de la población total del Ecuador), surge como un sistema urbano-metropolitano sumidero de energía y recursos, y expulsor

permanente de enormes cantidades de residuos y emisiones (Fernández, 2012). Este consumo energético y generación de residuos se incrementa a medida que existe un mayor proceso de migración interna desde otras provincias del Ecuador (principalmente de Cotopaxi, Imbabura y Chimborazo) y crece su población local (prevista a incrementarse en 22% hasta 2025). Estas estrepitosas cifras de crecimiento poblacional se relacionan directamente con el estilo de vida de la sociedad quiteña su presión sobre los ecosistemas locales y nacionales.

Este último aspecto puede representarse mediante el indicador de la Huella Ecológica⁴² de Quito; pues, según el estudio de Moore et al (2011), Quito asume una Huella Ecológica por persona más alta que el 69% de la población mundial. Ésta cifra es aún más preocupante cuando se la compara a nivel nacional; ya que, para el 2006, la Huella Ecológica media de un habitante de Quito era de 2,4 gha⁴³ (hectáreas globales), 25% más que las 1,9 gha de un ecuatoriano promedio. Adicionalmente, las proyecciones de este estudio señalan que la Huella Ecológica total de Quito crecerá en cerca del 70% para el 2025, es decir a 8,2 millones gha (3,2 gha por persona). Un resultado alarmante del mencionado indicador demuestra que si todos los habitantes del mundo vivieran como una persona promedio de Quito, se necesitarían 1,3 planetas para satisfacer todas sus necesidades⁴⁴, lo cual es, evidentemente, insostenible.

Ante tal situación alarmante, concordando con el estudio del DMQ, “los habitantes de Quito no deberían ‘sacrificar’ su calidad de vida por niveles más bajos de consumo” (Moore et al., 2011: 31), sino trasladar su consumo hacia prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente, tal como representa el uso de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua.

Por todas estas características, el DMQ es un referente piloto de gran importancia para una intervención directa, focalizada, con visión eficiente y equitativa del Estado a través de un paquete de incentivos correctamente estructurado, efectivo en desarrollar el mercado de SST y cuyos resultados positivos puedan ser extrapolados al país entero. Pues, está por demás comprobado que “los subsidios del gobierno [entre otros incentivos] para la opción solar pasiva y activa tienen el potencial de obtener elevados réditos por las inversiones” (Moore et al., 2011: 30), tanto a nivel de consumidores y productores, como del Estado.

4.1.1 El DMQ en cifras

A continuación se presentan cifras sobre el DMQ que serán de utilidad para posteriores cálculos y recomendaciones. En primera instancia se presenta un mapa del DMQ dividido por sus administraciones zonales: Calderón, Eugenio Espejo, La Delicia, Eloy Alfaro, Los Chillos, Manuela

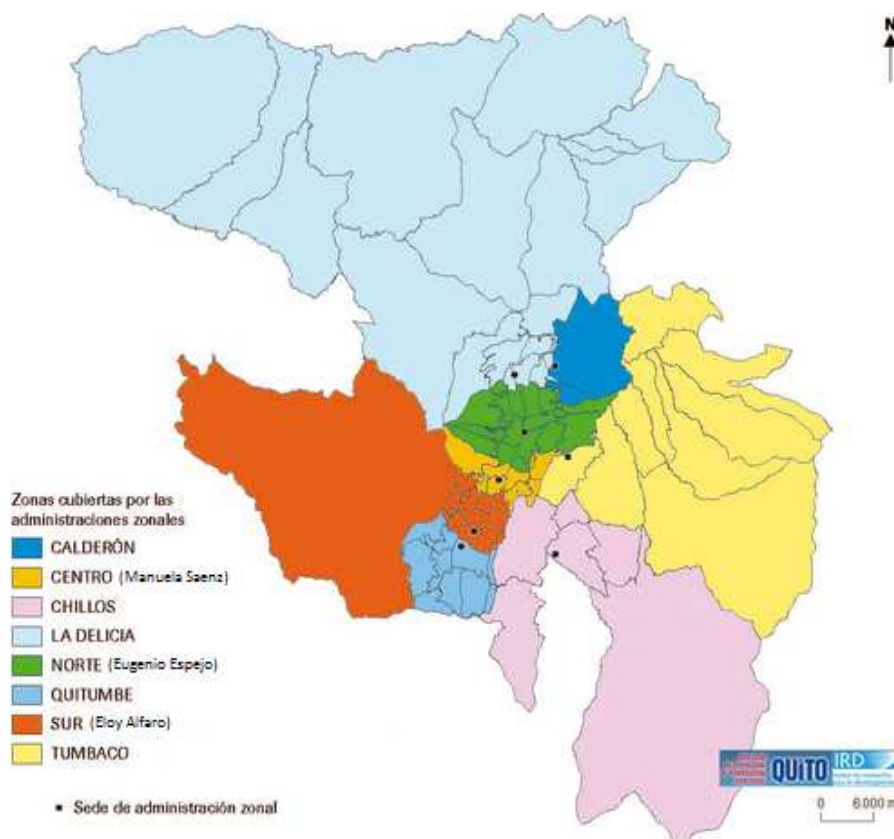
⁴² La Huella Ecológica es un indicador de sustentabilidad del estilo de vida de las sociedades, que mide la demanda de una población sobre los ecosistemas del planeta, comparándola con la capacidad que éste tiene para regenerar los recursos y asimilar los residuos producidos (biocapacidad) (Moore et al, 2011).

⁴³ La hectárea global (gha) es la unidad de medida de la huella ecológica y de la biocapacidad, básicamente representa la superficie de terreno productivo necesario para satisfacer las necesidades de la población.

⁴⁴ A septiembre de 2011, se estima que la Huella Ecológica de la humanidad bordea los 1,4 planetas, excediendo su biocapacidad; es decir, a finales de septiembre, la población mundial ya utilizó más recursos naturales de los que la Tierra puede generar en todo el año y se encuentra en un déficit ecológico, que hace cada vez menos factible garantizar una vida sostenible para las próximas generaciones (Moore et al, 2011).

Sáenz, Quitumbe y Tumbaco; con el fin de ubicar espacialmente al lector sobre los datos y cálculos importantes por administración zonal que se presentarán posteriormente (ver gráfico 28).

Gráfico N° 28. Administraciones zonales del DMQ



Fuente y elaboración: MDMQ, 2012.

4.1.1.1 Población y demografía

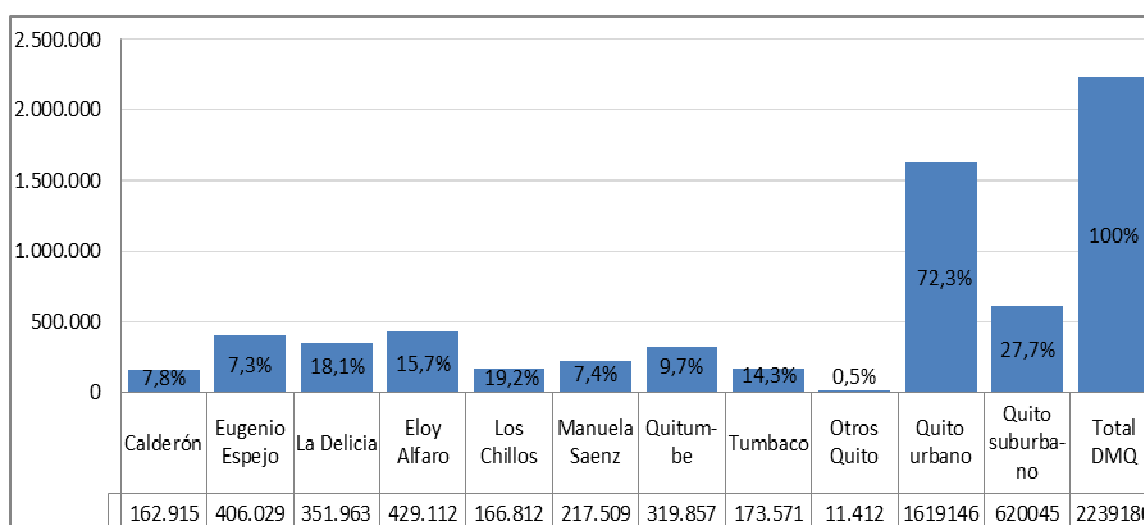
Población del DMQ

Para el 2010, la población del DMQ era de 2.239.191 habitantes, de los cuales el 72,3% vivía en el casco urbano y el 27,7% en la zona suburbana. La administración zonal con mayor número de habitantes era Eloy Alfaro, seguido de la administración Eugenio Espejo y La Delicia (ver gráfico 29). Al dividir el total de habitantes del DMQ para el promedio de miembros por familia típico del Ecuador (4 miembros), se obtienen 559.800 familias.

Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

Entre las administraciones zonales del DMQ, la más pobre por necesidades básicas insatisfechas (NBI) es la administración Quitumbe, con 38% de pobreza; seguido por Los Chillos, Calderón y Tumbaco, con 28,28%, 27,3% y 26,4%, respectivamente. La administración Eugenio Espejo es la menos pobre; le siguen la administración Eloy Alfaro y Manuela Sáenz (ver gráfico 30).

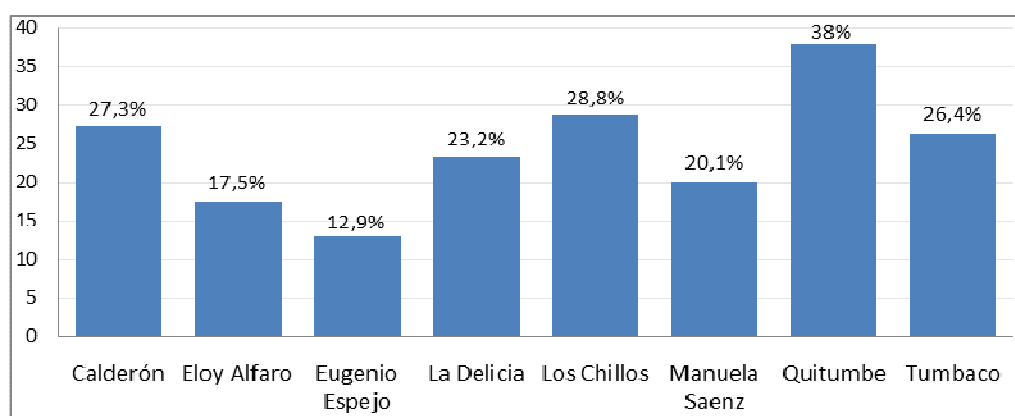
Gráfico N° 29. Población del DMQ por administración zonal



Fuente: INEC, 2011; Instituto de la Ciudad, 2012.

Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 30. Pobreza según NBI dividida por administración zonal



Fuente: Instituto de la Ciudad, 2012.

Elaboración: Iván González G.

4.1.1.2 Actividades económicas

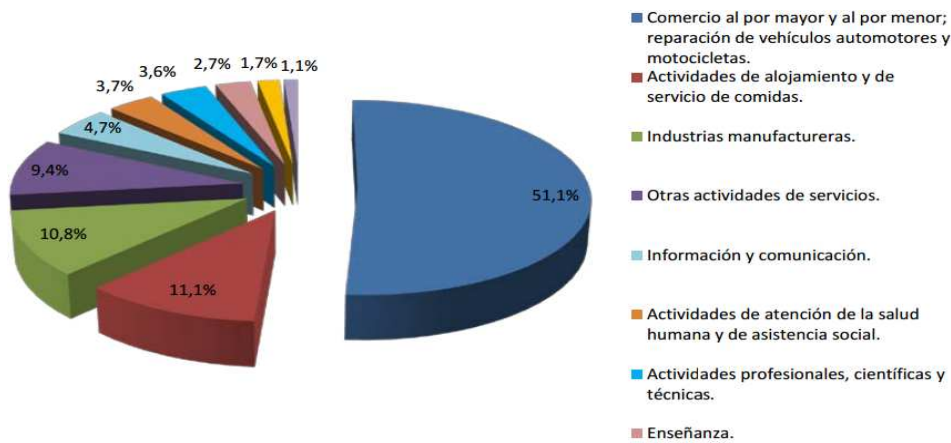
Según el esquema de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) para el número de empresas en el DMQ, existen más emprendimientos relacionados a actividades de comercio (50,1%). Las siguientes actividades económicas más importantes son las de alojamiento y servicio de comidas (11,1%), de industria manufacturera (10,8%), de otros servicios (9,4%). Por último, existe un aporte menor del 17,5% repartido entre las empresas de comunicación, atención de salud, actividades profesionales, enseñanza, entre otras (ver gráfico 31).

4.1.1.3 Mercado laboral

De las 759.591 personas que comprendían la PEA del DMQ en el 2011, el 95,7% se encontró ocupado (con 49,2% en el sector formal y 41,6% en el informal); mientras que existió una tasa de desempleo del 4,3% (ver cuadro 9).

Según rama de actividad, la que más concentra el empleo en el DMQ es la de comercio (25%); seguida de las industrias manufactureras (12%) y de la enseñanza (11%). El sector público concentra el 9% del empleo, y las actividades que menos concentran empleo son las profesionales, científicas y técnicas (6%) (ver gráfico 32).

Gráfico N° 31. Actividades económicas del DMQ



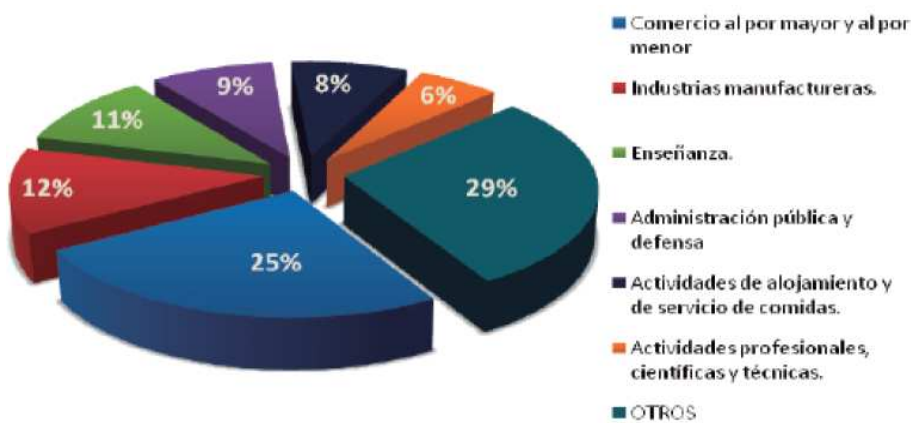
Fuente: INEC, 2011
Elaboración: Instituto de la Ciudad, 2012

Cuadro N° 9. Principales indicadores del mercado laboral del DMQ

Categoría	Número de personas	%
Población Económicamente Activa (PEA)	759.591	100%
Ocupados	726.828	95,7%
Sector formal	373.949	49,2%
Sector informal	315.641	41,6%
No clasificados por sectores	14.044	1,8%
Servicio doméstico	23.194	3,1%
Desocupados	32.763	4,3%

Fuente: INEC, 2011.
Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 32. Empleo en el DMQ por rama de actividad



Fuente: INEC, 2011
Elaboración: Instituto de la Ciudad, 2012

4.1.1.4 Consumo energético

La estructura actual de calentamiento de agua en el DMQ está casi en su totalidad conformada por tecnologías convencionales: calefones a gas (10,4%) y duchas eléctricas (55%) (ver cuadro 10). Existe un porcentaje marginal de familias con SST, por lo que no se cuenta con estadísticas oficiales.

Cuadro N° 10. Consumo de energía para calentamiento de agua en el DMQ por quintiles de ingreso

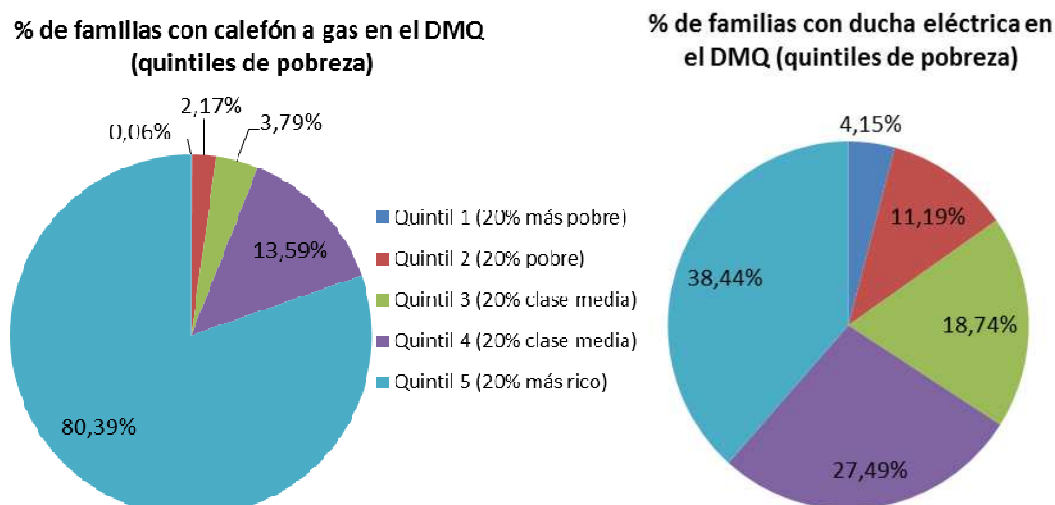
Quintil	Familias con calefón a gas (distribucion porcentual)	Familias con ducha eléctrica (distribucion porcentual)	Familias con calefón a GLP en DMQ	Familias con ducha eléctrica en DMQ	Familias con tecnologías convencionales para calentamiento de agua en el DMQ
Q1 (20% más pobre)	0,06%	4,15%	32,43	12.769,22	12.801,66
Q2 (20% pobre)	2,17%	11,19%	1.264,93	34.440,32	35.705,25
Q3 (20% clase media baja)	3,79%	18,74%	2.205,52	57.696,69	59.902,20
Q4 (20% clase media alta)	13,59%	27,49%	7.913,92	84.628,77	92.542,69
Q5 (20% más rico)	80,39%	38,44%	46.802,38	118.354,86	165.157,23
Suma total	100%	100%	58.219,17	307.889,86	366.109,04
Total DMQ	10,40%	55%	58.219,17	307.889,86	366.109,04

Fuente: INEC, 2007; INEC, 2011; Manzano, 2011: 11.

Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el cuadro 10 y en el gráfico 33, existe muy alta inequidad en el uso de calefones a gas en el DMQ y una desigualdad no tan marcada (con excepción para el primer quintil) del uso de duchas eléctricas. Del 10,4% del total de familias del DMQ que consumen calefones a gas, el 20% más rico ocupa el 80,39% de esta demanda; el segundo quintil más rico (Q4) consume el 13,59%; dejando solo 6,02% que se reparte entre los tres primeros quintiles (entre los cuales el 20% más pobre consume apenas el 0,06%). Por otro lado, del 55% de los hogares que consume duchas eléctricas en el DMQ, el 40% más rico ocupa el 65,93% de esta demanda; el 40% más pobre consume solo el 15,34% de esta y el quintil más pobre consume solo el 4,15%.

Gráfico N° 33. Consumo de energía para calentamiento de agua en el DMQ por quintiles de ingreso



Fuente: INEC, 2007; INEC, 2011; Manzano, 2011: 11.

Elaboración: Iván González G.

Por tanto, existe alta inequidad en la utilización de calefones a gas y duchas eléctricas en el DMQ, pues los hogares más acaudalados son los más beneficiados de los subsidios asignados a las fuentes de generación de energía correspondientes (GLP y electricidad respectivamente). Considerando estos datos y la ineficiencia de los subsidios analizada en el capítulo 2, surge como alternativa factible la difusión de la energía solar térmica, a través de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua en el DMQ.

4.2 Energía solar térmica para el DMQ

En esta sección se analizará la implementación de SST para los hogares del DMQ. Para esta primera parte se realizarán cálculos que expresen cuánto le ahorraría la energía solar térmica al DMQ, con el fin de expresar cuantitativamente y objetivamente los beneficios económicos inherentes al ahorro por la cese de subsidios referentes al GLP y a la electricidad que se utilizan como tecnologías convencionales de calentamiento de agua sanitaria en el DMQ.

4.2.1 ¿Cuánto le ahorraría al Estado implementar energía solar térmica en el DMQ?

En el anterior capítulo se mencionó un sinnúmero de beneficios económicos, sociales y ambientales que traería el uso generalizado de SST. De igual forma, se presentaron los altos costos para el Estado de mantener una política desfocalizada, permanente, ineficiente e inequitativa de subsidios al GLP (situación semejante al subsidio eléctrico), que provocan costos crecientes para el Estado, despilfarro, sobreconsumo, contrabando e incluso un desincentivo al desarrollo de las fuentes energéticas renovables más eficientes como la energía solar térmica.

Es imperioso cuantificar el ahorro potencial que el Estado obtendría por sustituir tanto el subsidio al GLP utilizado en calefones a gas como el subsidio eléctrico destinado para duchas eléctricas, por sistemas solares térmicos para calentamiento de agua sanitaria en el DMQ; datos que se utilizarán posteriormente en un análisis costo-beneficio que tome en cuenta los costos de los sistemas de incentivos que se plantearán.

4.2.1.1 Ahorro para el Estado

El ahorro para el Estado se da no solo en el sentido del cese del pago de subsidios al GLP y a la electricidad (utilizados en calefones a gas y duchas eléctricas respectivamente) sino, también, en el cese del consumo mensual de estos insumos energéticos convencionales; esto, debido al remplazo de estas tecnologías convencionales de calentamiento de agua por sistemas solares térmicos. De esta forma, el costo para el Estado está representado por dos partes para cada insumo energético: la cantidad consumida de dichos insumos energéticos convencionales, cuyo precio es pagado por los consumidores, y la parte del precio de dichos insumos que el Estado subsidia.

Para el caso del GLP, el ahorro será significativamente mayor, pues éste subsidio supera con creces al subsidio eléctrico, como se verá en los cálculos que se presentan a continuación:

Ahorro por sustitución de calefones a gas del DMQ

Cuadro N° 11. Supuestos para calcular el costo real para el Estado por el consumo de GLP

Familia promedio	4 miembros
Consumo de GLP (por familia)	1,4 cilindros/mes
Peso de GLP	15 kg/cilindro
Costo real (total) del GLP para el Estado	0,80 USD/kg
Precio de GLP subsidiado	0,11 USD/kg
Precio de GLP consumido	0,69 USD/kg
Población del DMQ (hab)	2'239.199 hab.
Familias en el DMQ (4 miembros)	559.800
Familias DMQ con calefones a gas (10,4%)	58.219,174
Familias DMQ con ducha eléctrica (55%)	307.889,86
Familias DMQ que no calientan agua (34,6%)	193.690,72

Fuente: Rosero, 2011: 11-12; INEC, 2007; INEC, 2011

Elaboración: Iván González G.

Cabe señalar que los cálculos subsecuentes no consideran el ahorro potencial para el Estado, debido al cese de costos por pérdidas no técnicas (ej. contrabando de GLP en las fronteras); rubro que adicionalmente elevaría los beneficios potenciales para el Estado de forma considerable. De igual forma, estos cálculos no contemplan focalizaciones del subsidio al GLP (medida que de implementarse adicionalmente, sería muy positiva) ni a la electricidad; pues el cálculo se limitará a representar el ahorro potencial para el Estado debido al cese de costos de GLP y electricidad utilizados para calentamiento de agua sanitaria. Es importante recalcar que los cálculos subsecuentes aún no contemplan ninguna intervención directa del Estado, pues los mecanismos de incentivos que potencien este ahorro serán evaluados en el siguiente apartado.

Cálculo:

$$\text{Consumo_GLP_ (por_ familia)} = 1,4 \frac{\text{cilindro}}{\text{mes}} \times 15 \frac{\text{kg}}{\text{cilindro}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 252 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

$$\text{Pr ecio_GLP_ subsidiado_ (por_ familia)} = 252 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 0,11 \frac{\text{USD}}{\text{Kg}} = 27,72 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Pr ecio_GLP_ consumido_ (por_ familia)} = 252 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 0,69 \frac{\text{USD}}{\text{Kg}} = 173,88 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo_real_GLP_ (por_ familia)} = 252 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \times 0,80 \frac{\text{USD}}{\text{Kg}} = 201,6 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Consumo_GLP_ (DMQ)} = 252 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 58.219,17 \text{ familias} = 14.671.230,84 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

$$\text{Precio_GLP_ subsidiado_ (DMQ)} = 27,72 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \times 58.219,17 \text{ familias} = 1.613.835,39 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Precio_GLP_ consumido_ (DMQ)} = 173,88 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \times 58.219,17 \text{ familias} = 10.123.149,98 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo_real_GLP_ (DMQ)} = 201,6 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \times 58.219,17 \text{ familias} = 11.736.985,48 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Si se consideran los USD 0,69 que cada familia ecuatoriana paga por kg de GLP, como también los USD 0,11 que el Estado subsidia al precio de cada kg de GLP, se obtiene un costo total del GLP subsidiado por el Estado correspondiente a USD 0,80 por kg de GLP. Por lo que, considerando un consumo de 252 Kg de GLP al año por familia, el costo que el Estado evitaría al reemplazar el uso de calefones de GLP por SST sería de 201,6 USD/año por familia promedio del DMQ de 4 miembros.

Cuadro N° 12. Ahorro para el Estado por cese de costos del GLP utilizado en calefones a gas

	Costo	Consumo mensual	Consumo anual
Ahorro por familia con SST (4 miembros promedio)	Consumo de GLP (kg)	21	252
	Precio GLP subsidiado para uso doméstico (USD)	2,31	27,72
	Precio de GLP consumido (USD)	14,49	173,88
	Costo real [total] del GLP (USD)	16,8	201,6
Ahorro para las 58.219 familias del DMQ con SST	Consumo de GLP de las familias del DMQ (kg)	1.222.602,57	14.671.231
	Precio GLP subsidiado a las familias del DMQ (USD)	134.486,28	1.613.835
	Precio de GLP consumido a las familias del DMQ (USD)	843.595,83	10.123.150
	Costo real [total] del GLP (USD)	978.082,06	11.736.985

Fuente: Rosero, 2011: 11-12; INEC, 2007; INEC, 2011

Elaboración: Iván González G.

Entonces, considerando las 58.219,17 familias estipuladas que usan calefones a GLP en el DMQ, se produciría un ahorro total para el Estado ecuatoriano de 11.736.985 USD/ año; ahorro compuesto por USD 10.123.150 por concepto de GLP no consumido (al año) por las familias del DMQ, más USD 1.613.835 por el precio del GLP no subsidiado por el Estado (al año) (ver cuadro 12).

Ahorro por sustitución de duchas eléctricas del DMQ

Una vez analizada la cantidad potencial de SST que puede ser instalada en el DMQ si se sustituye la totalidad de calefones a gas, cabe realizar un cálculo semejante que considere el remplazo de duchas eléctricas en el DMQ. Al no existir datos localizados, se tomará el dato nacional presentado por el MEER (Manzano, 2011: 11) del 55% de familias que utiliza duchas eléctricas para calentar agua caliente sanitaria, dando un mercado potencial de 307.889,86 familias en el DMQ.

Adicionalmente a los supuestos establecidos para el cálculo del ahorro para el Estado por sustitución de calefones a gas (cuadro 11), se asumirán los supuestos que se presentan en el cuadro 13.

Cuadro N° 13. Supuestos para calcular el costo real para el Estado por el consumo de electricidad

Consumo de electricidad en duchas eléctricas (por familia)	90 kWh
Costo real (total) de la electricidad para el Estado	10,8 USD/mes
Precio de la electricidad subsidiada	3,15 USD/mes
Precio de electricidad consumida	7,65 USD/mes

Fuente: MEER, 2008: 18; Rosero, 2011: 11-12; Manzano, 2011: 11; INEC, 2007; INEC, 2011.

Elaboración: Iván González G.

Cabe recalcar que no se tomará en cuenta el costo de oportunidad del Estado por la venta de excedentes de energía eléctrica a países vecinos (obtenido por el ahorro de electricidad no consumida en duchas eléctricas del DMQ), o aspectos semejantes.

El MEER (2011) estima que el consumo de electricidad para duchas eléctricas en Ecuador, por mes y por familia, es de 90 kWh, a un precio unitario pagado por las familias de 0,085 USD/kWh, por lo que el consumo mensual de una familia promedio es de 7,65 USD/mes, o 91,80 USD/ año. Por otro lado, el MEER (2011) señala que al Estado le cuesta realmente 0,12 USD/kWh, por lo que para un consumo de 90 kWh por familia se obtiene un costo de 10,8 USD/mes, o 129,6 USD/ año; correspondiendo este diferencial de costos (0,035 USD/kWh) al subsidio que el Estado asigna al precio de la electricidad, que para los 90 kWh consumidos por familia es de 3,15 USD/mes o 37,8 USD/ año por familia.

Por lo tanto, el costo que el Estado se evitaría al reemplazar el uso de duchas eléctricas por SST para calentamiento de agua sanitaria, considerando las 307.889,86 familias estipuladas que usan duchas eléctricas en el DMQ, se produciría un ahorro para el Estado ecuatoriano de 28.264.289 USD/ año por concepto de consumo de electricidad de las familias del DMQ (debido al consumo de 91,80 USD/año por familia), además de un ahorro de 11.638.236 USD/ año por concepto de 37,8 USD/año que el Estado subsidia al precio de la energía eléctrica. La suma de estos dos rubros a la electricidad daría un ahorro total para el Estado de 39.902.526 USD/ año para las 307.890 familias del DMQ que utilizan ducha eléctrica y que la reemplazarían por SST (ver cuadro 14).

Cuadro N° 14. Ahorro para el Estado por cese de costos de electricidad utilizada en duchas

	Costo de electricidad	Consumo mensual	Consumo anual
Ahorro por familia con SST (4 miembros promedio)	Consumo de electricidad (kWh)	90	1080
	Precio de la electricidad subsidiado (USD)	3,15	37,8
	Precio de electricidad consumido (USD)	7,65	91,8
	Costo real [total] de la electricidad (USD)	10,8	129,6
Ahorro para las 307.890 familias del DMQ con SST	Consumo de electricidad de las familias del DMQ (kWh)	27.710.087,40	332.521.048,80
	Precio de la electricidad subsidiado para las familias del DMQ (USD)	969.853,06	11.638.236,71
	Precio de electricidad consumido por las familias del DMQ (USD)	2.355.357,43	28.264.289,15
	Costo real [total] de la electricidad (USD)	3.325.210,49	39.902.526,18

Fuente: MEER, 2008: 18; Rosero, 2011: 11-12; Manzano, 2011: 11; INEC, 2007; INEC, 2011.

Elaboración: Iván González G.

Ahorro total por sustitución de tecnologías convencionales en el DMQ

Por último, al sumar los 11.736.985 USD/año de ahorro por sustitución de calefones a gas más los 39.902.526,18 USD/año por sustitución de duchas eléctricas en el DMQ, se obtiene un ahorro final potencial de 51.639.511,66 USD/ año para el Estado, al reemplazar la totalidad de calefones a gas y de duchas eléctricas por sistemas solares térmicos en el DMQ. Estos datos serán utilizados

posteriormente para el análisis costo beneficio para el Estado ecuatoriano de reemplazar estas tecnologías convencionales por SST gracias al impulso de incentivos económicos.

Esta información se resume en el cuadro 15 (con su respectivo gráfico 33). Se muestra también el ahorro proyectado de forma acumulativa a 5; 10; 15 y 20 años, por cese de estos subsidios utilizados en tecnologías convencionales de calentamiento de agua. El ahorro proyectado representa el ahorro que se ha obtenido hasta⁴⁵ el año específico (o sea la sumatoria del ahorro de cada año); por lo que para su cálculo se recurrió a la estimación del “valor futuro (o monto) acumulado” de la fórmula de valor actual de una anualidad:

$$VA = M \left(\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right) \quad ; \text{ de donde se obtiene: } M = VA \left(\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right)$$

Donde:

VA = Valor Actual de una Anualidad

M = Monto, Valor Futuro de una Anualidad

i = Tasa de interés anual efectiva

n = Número de períodos (años)

La tasa de interés anual efectiva corresponde al incremento anual del precio del GLP en un 4%, estipulado por el MEER (2008). Se asume que no existirá incremento anual del precio de la energía eléctrica, por lo que su tasa de interés efectiva sería de 0%.

Así, por ejemplo, el ahorro proyectado en 10 años por el cese del costo del GLP para el Estado se calcula así:

$$M = 11,74 * ((1+0,04)^{10}-1) / 0,04 = \text{USD } 140,92 \text{ millones}$$

Una vez explicada la metodología de cálculo, se presenta el cuadro 15 que muestra el ahorro proyectado para el Estado por el cese de costos de GLP y electricidad a 5, 10, 15 y 20 años en el DMQ; bajo un escenario hipotético⁴⁶ en el que se rempazan (desde el primer año) ambas tecnologías convencionales por SST monotipo que cubren el 100% de necesidades de agua caliente sanitaria, sin necesitar apoyo de alguna fuente convencional (GLP, gas natural, o electricidad) para cubrir los requerimientos de agua caliente no cubiertos exclusivamente con energía solar.

Bajo el escenario planteado, el cese de subsidios al GLP y energía eléctrica traería un ahorro proyectado total creciente que llega a un valor de USD 1.148 millones en 20 años, habiéndose incrementado en un 2.107% en comparación al primer año. Sin embargo, este ahorro aún no refleja el costo respectivo de energía eléctrica consumida en la utilización de un SST híbrido que requiere de una o más resistencias eléctricas internas para cubrir requerimientos energéticos adicionales de agua caliente sanitaria.

⁴⁵ Por ejemplo, el ahorro acumulado en el décimo año incluirá el ahorro desde el año 1 hasta el año 10.

⁴⁶ Más adelante se analizará el ahorro del Estado bajo un escenario más realista, en el cual exista un alcance progresivo de las familias demandantes de agua caliente del DMQ, gracias a un sistema de incentivos propuesto que impulse la demanda de SST híbridos (con apoyo electricidad para suplir un pequeño porcentaje no cubierto con energía solar).

Cuadro N° 15. Ahorro proyectado para el Estado por cese de costos de electricidad y GLP

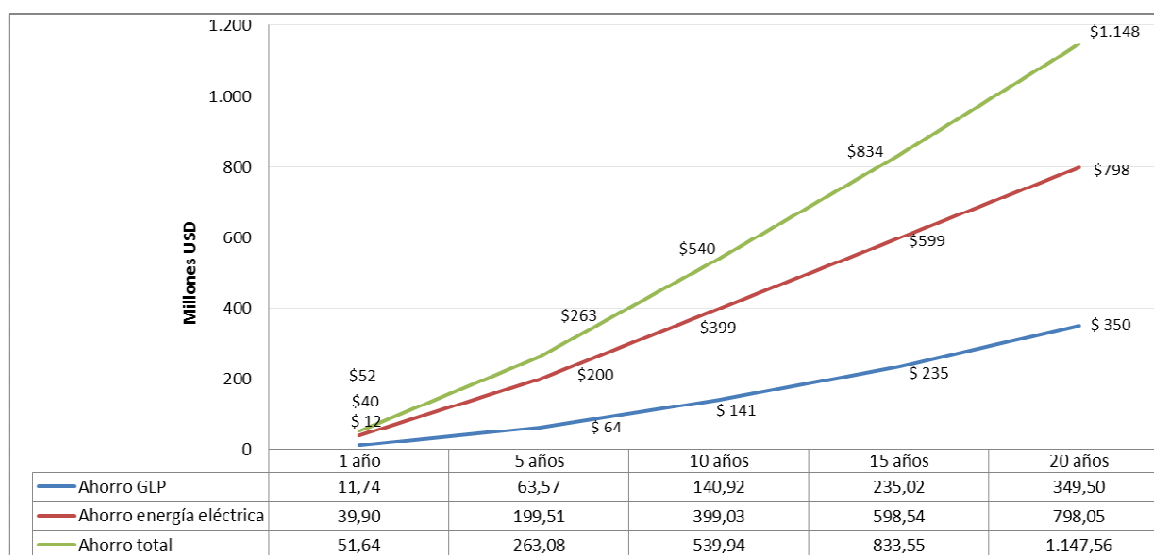
Tecnologías convencionales de calentamiento de agua	Unidad	Costo (ahorrado) para el Estado		Ahorro proyectado para el Estado por cese de subsidios a familias DMQ				
		Consumo de familias del DMQ (1 año)	Precio subsidiado para familias DMQ (1 año)	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años
GLP	millones USD	1,61	10,12	11,74	63,57	140,92	235,02	349,50
Energía eléctrica	millones USD	28,26	11,64	39,90	199,51	399,03	598,54	798,05
Costo total	millones USD	29,88	21,76	51,64	263,08	539,94	833,55	1.147,56

Fuente: Rosero, 2011: 11-12; MEER, 2008: 18; Manzano, 2011: 11.

Elaboración: Iván González G.

Para el caso de los cuatro tipos de SST presentados en el capítulo 2 y que se analizarán posteriormente, existen diferentes porcentajes de demanda de energía no cubierta por energía solar: 10% para el SST 1, 20% para el SST 2, y 25% para los SST 3 y 4; por lo que para calcular el ahorro neto para el Estado (en el que se reste dicho porcentaje de consumo de energía eléctrica del ahorro energético previamente presentado) se utilizará una demanda de energía promedio entre los cuatro tipos de SST del 20% (ver gráfico 34).

Gráfico N° 34. Ahorro proyectado para el Estado por cese de costos de electricidad y GLP (SST monotipo)

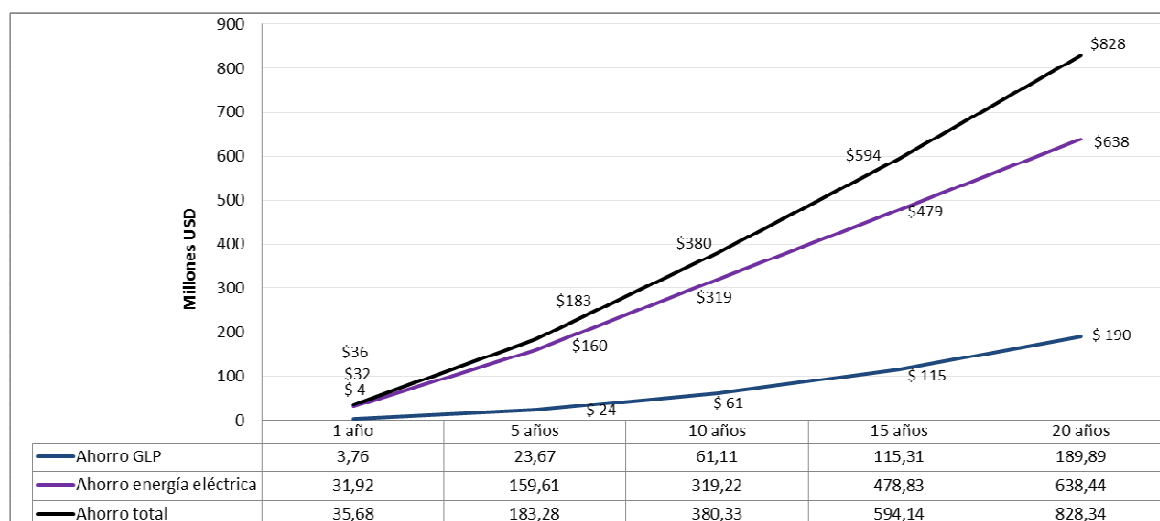


Fuente: Rosero, 2011: 11-12; MEER, 2008: 18; Manzano, 2011: 11.

Elaboración: Iván González G.

Entonces, para reflejar esta disminución del ahorro del Estado, se procederá a restar el 20% del ahorro proyectado por energía eléctrica, tanto por cese del subsidio al GLP como a la electricidad, para cada año respectivo. Los resultados se presentan en el gráfico 34.

Gráfico N° 35. Ahorro proyectado para el Estado por cese de costos de electricidad y GLP (SST híbrido: requerimiento del 20% de energía eléctrica)



Fuente: Rosero, 2011: 11-12; MEER, 2008: 18; Manzano, 2011: 11.

Elaboración: Iván González G.

El ahorro del gráfico 35 representa a un SST híbrido que requiere del apoyo de energía eléctrica. Existe un incremento en los costos para el Estado, justificado por el 20% del subsidio eléctrico que demanda un SST híbrido promedio; y, por tanto, una disminución del ahorro total (potencial) de un 30% en promedio para los 20 años analizados. Esta disminución importante del ahorro se debe al alto costo de la electricidad para el Estado. Sin embargo, aún se obtienen beneficios considerables para los años en cuestión, pues se ahorran USD 35,68 millones desde el primer año de remplazo de estas fuentes energéticas convencionales y tras el paso de 20 años se obtiene un ahorro proyectado de 828,34 millones de dólares (aún bajo un supuesto de traspaso de la totalidad de familias del DMQ hacia el uso de SST, pero considerando un SST híbrido).

4.2.1.2 Ahorro para el consumidor

Por la sustitución de GLP, cada familia obtendrá un ahorro de 27,72 USD/ año por el cese del consumo del hidrocarburo; valor derivado del producto del consumo anual de GLP en calefones a gas, multiplicado por el precio subsidiado de 0,11 USD por kg de GLP (MEER, 2011: 2):

$$1,4 \frac{\text{Cilindros}}{\text{Mes}} * 15 \frac{\text{kg}}{\text{Cilindro}} * 12 \frac{\text{Mes}}{\text{Año}} * 0,11 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} = 27,72 \frac{\text{USD}}{\text{Año}}$$

De igual forma, la sustitución de ducha eléctrica traerá un ahorro de 91,80 USD/ año para cada familia, cantidad derivada del producto del consumo de electricidad mensual para una familia de 90 kWh, multiplicado por el precio unitario de electricidad subsidiada de 0,085 USD/ kWh:

$$90 \frac{\text{kWh}}{\text{Mes}} * 12 \frac{\text{Mes}}{\text{Año}} * 0,085 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}} = 91,80 \frac{\text{USD}}{\text{Año}}$$

Según se trate del SST específico, se deberá restar la electricidad pagada para cubrir el porcentaje de requerimientos que no puede ser cubierto con energía solar. Por lo que, teniendo en cuenta los USD 91,80 estimado por el MEER (2011) como consumo anual de electricidad en duchas eléctricas por familia; los costos de operación para el SST 1 (Importado – MEER) referentes al 10% del consumo de electricidad son de 9,18 USD/ año; los costos operativos del SST 2 (de producción nacional – MEER) son de 18,36 USD/ año (por el 20% del consumo de electricidad); mientras que los del SST 3 (Importado – CEES) y del SST 4 (estandarizado – ESPOCH) son de 22,95 USD/ año, por un 25% de consumo de electricidad. Estos costos de operación de los SST provocan una disminución de los ahorros por reemplazo de GLP y ducha eléctrica (ver cuadro 16 y gráfico 35).

Como se observa en el gráfico 36, mientras los costos de los SST son prácticamente uniformes, los costos del calefón a gas y de la ducha eléctrica crecen pronunciadamente debido a la necesidad de reposición de los equipos que cuentan con menor vida útil que los SST (lo cual explica el repentino incremento del costo del calefón a gas después de los 10 años, cuando ha finalizado su vida útil y es necesario adquirir otro equipo).

Por sobretodo, es particularmente creciente el costo de la ducha eléctrica, pues este se dispara no solo debido a la constante reposición de los equipos (por su vida útil de 2 años), sino también al elevado precio que los consumidores pagan anualmente (USD 91,80) como costo de operación para calentamiento de agua. Por parte de los SST, el SST 1 (importado) es el más competitivo en costos de los 4 presentados, seguido del SST 2 (nacional), SST4 (ESPOCH) y, finalmente, el SST 3 (CEES).

Cuadro N° 16. Comparación de costos proyectados de forma acumulada para el consumidor por tecnologías de generación de agua caliente sanitaria (sin incentivos)

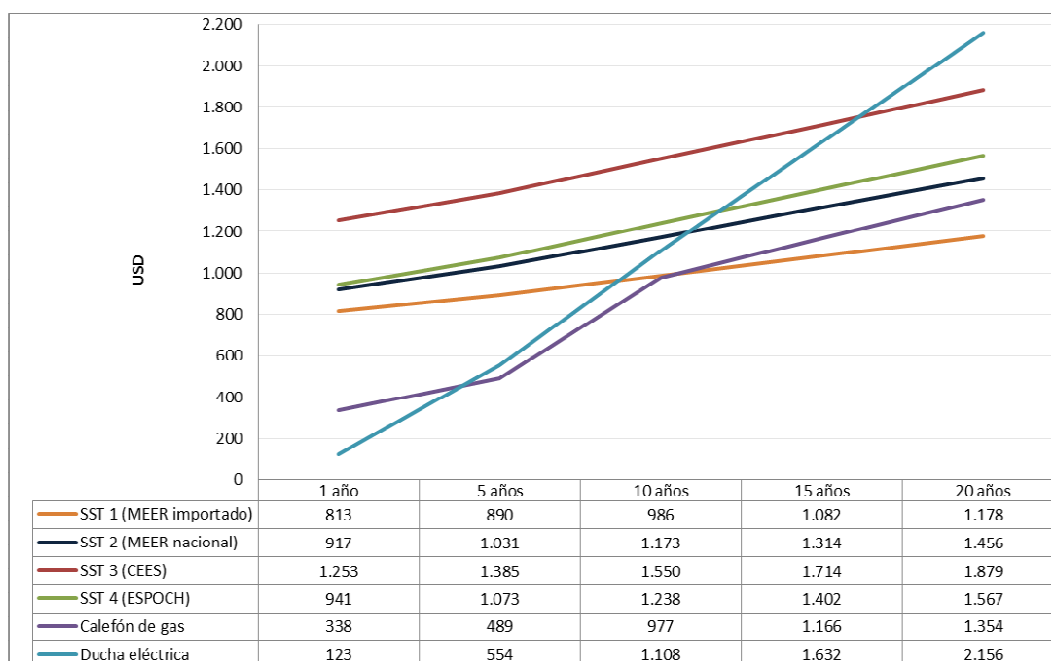
Tecnología de Calentamiento de Agua Sanitaria	Cobertura del Sistema	Vida Útil	Unidad	Costos				Costo Acumulado				
				Costo primario	Costos BOS e instalación	Costo mantenimiento (al año)	Costo de operación (al año)	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años
SST 1 (MEER Importado)	90%	20 años	\$USD	794	0	10	9,18	813,18	889,90	985,80	1.081,70	1.177,60
SST 2 (MEER Nacional)	80%	20 años	\$USD	889	0	10	18,36	917,36	1.030,80	1.172,60	1.314,40	1.456,20
SST 3 (CEES)	75%	20 años	\$USD	1100	120	10	22,95	1.252,95	1.384,75	1.549,50	1.714,25	1.879,00
SST 4 (ESPOCH)	75%	20 años	\$USD	820	88	10	22,95	940,95	1.072,75	1.237,50	1.402,25	1.567,00
Calefón de gas	100%	10 años	\$USD	250	50	10	27,72	337,72	488,60	977,20	1.165,80	1.354,40
Ducha eléctrica	100%	2 años	\$USD	25	5	1	91,80	122,80	554,00	1.108,00	1.632,00	2.156,00

Fuente: Rosero, 2011: 11-12; MEER, 2008: 18; Manzano, 2011: 11.

Elaboración: Iván González G.

Una vez calculados los costos acumulados para cada tecnología de calentamiento de agua sanitaria, se pueden obtener fácilmente los beneficios de cada tipo de SST por la sustitución de calefón a gas y de duchas eléctricas, con una resta que represente la diferencia del costo de estas tecnologías convencionales menos el costo de cada tipo de SST, para cada año respectivo, tal como se muestra en el gráfico 37.

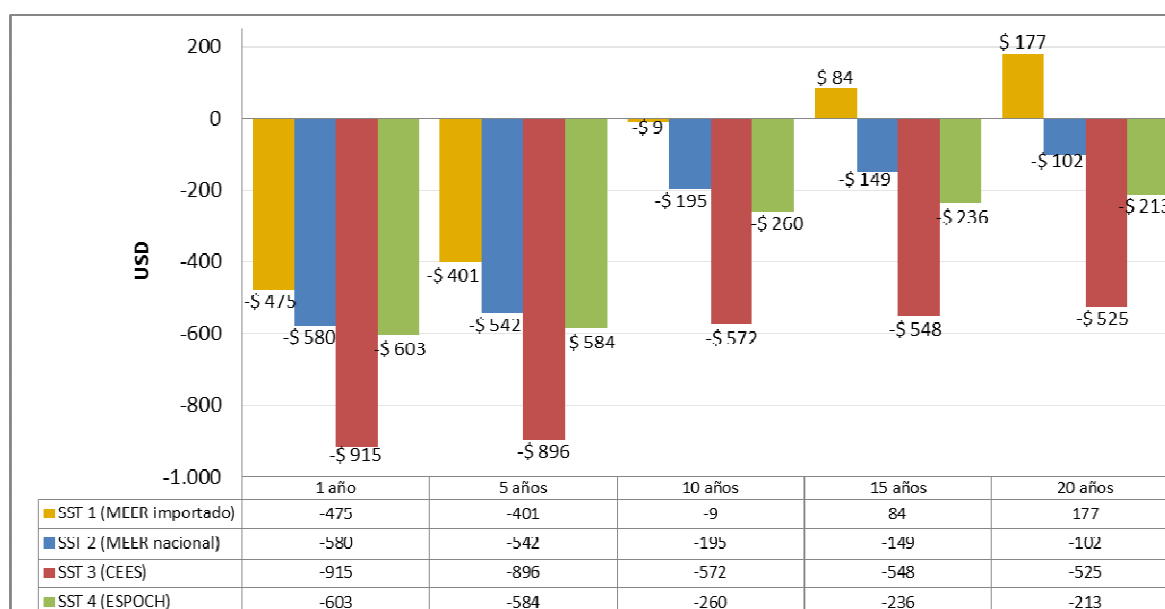
Gráfico N° 36. Comparación de costos acumulados para el consumidor por tecnologías de generación de agua caliente sanitaria (sin incentivos)



Fuente: Rosero, 2011: 11-12; MEER, 2008: 18; Manzano, 2011: 11.

Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 37. Beneficio acumulado para el consumidor por sustitución de calefón a gas (sin incentivos)



Fuente: Rosero, 2011: 11-12; MEER, 2008: 18; Manzano, 2011: 11.

Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el gráfico 37, sin el apoyo de incentivos por parte del Estado, el beneficio para el consumidor por el remplazo de calefones a gas por SST es negativo en la mayoría de casos, con la única excepción del SST 1, que muestra una pérdida mínima a los 10 años (que a los 10,5 años se vuelve ganancia), así como una ganancia de USD 84 en 15 años y una de USD 177 en 20 años. Esto

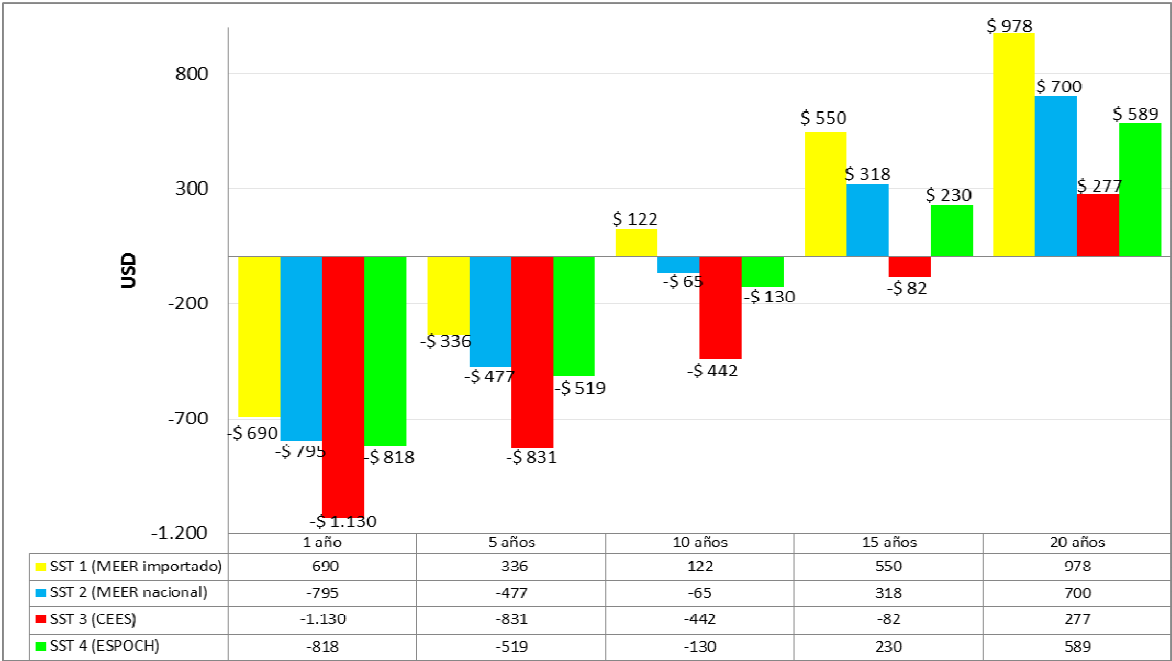
implica que, con excepción del SST 1, ningún otro SST es competitivo en costos en comparación con los calefones a gas, aún a largo plazo (20 años), debido en gran parte a los subsidios estatales al GLP y electricidad, así como los altos costos iniciales de los equipos de SST, entre los obstáculos analizados en el capítulo 2.

Por otro lado, el beneficio para el consumidor por el remplazo del uso de duchas eléctricas por SST muestra un escenario más alentador (al menos para el mediano y largo plazo); donde el SST 1 sigue como líder en competitividad con USD 122 en 10 años y USD 978 en 20 años, seguido por el SST 2 con USD 317 y USD 700 de beneficio acumulado en 15 y 20 años, respectivamente, así como el SST 4 que presenta USD 229,75 y USD 589 en estos mismos años, mientras que el SST 3 presenta un beneficio a más largo plazo, con USD 277 en 20 años (ver gráfico 38).

A partir de dichos beneficios acumulados, se deriva que los períodos de recuperación de la inversión (para los consumidores) por cada SST son los siguientes años:

	Calefón GLP	Ducha eléctrica
SST 1	10,5 años	8,8 años
SST 2	-	11,1 años
SST 3	-	16 años
SST 4	-	12 años

Gráfico N° 38. Beneficio acumulado para el consumidor por sustitución de duchas eléctricas (sin incentivos)



Fuente: Rosero, 2011: 11-12; MEER, 2008: 18; Manzano, 2011: 11.
Elaboración: Iván González G.

4.2.1.3 Resultados generales

Tanto el Estado como los hogares resultan beneficiados por la utilización de SST que reemplacen el uso de calefones a gas y duchas eléctricas en el DMQ. Aun considerando los costos de la energía eléctrica requerida para suplir el 20% de demanda no cubierta enteramente por energía solar, el reemplazo de tecnologías convencionales para calentamiento de agua trae importantes beneficios económicos para el Estado que crecen exponencialmente en el tiempo, pasando de USD 35,68 millones en el primer año, a USD 828,34 millones en 20 años; es decir, un incremento porcentual de 2.221% en 20 años.

Por otro lado, los hogares contemplan un escenario diferente, el cual se encuentra en función de la tecnología de calentamiento de agua a reemplazarse. Si se busca reemplazar calefones a gas, el consumidor únicamente se beneficiaría al optar por el SST 1 importado, gracias al cual se obtendría un beneficio positivo a partir de los 10,5 años, que se incrementaría a USD 177 a los 20 años de adquisición. Dado que no existe una relación positiva de optarse por los otros SST propuestos, es comprensible que los usuarios de calefones a gas no cuenten con ningún incentivo para trasladarse masivamente hacia el uso de sistemas solares térmicos; pues el SST 1, el único competitivo en costos, ha estado a disposición exclusiva de los hogares de bajos ingresos que formaron parte del proyecto de instalación de 10.625 SST en varias provincias de la sierra ecuatoriana. Por ello, es indispensable la aplicación de un sistema de incentivos eficiente que cambie esta tendencia, reemplazando el uso de calefones a gas por SST en el DMQ.

Si se busca reemplazar el uso de duchas eléctricas, el consumidor saldría beneficiado de la utilización de los cuatro tipos de SST previamente mencionados. Esto se debe a razón de obtener un retorno de la inversión a partir de los 8,8 años para el SST 1; 11,1 años para el SST 2; 16 años para el SST 3 y 12 años para el SST 4. El beneficio capturado sería de USD 978, USD 700, USD 277 y USD 589, respectivamente para cada SST analizado, aun sin ninguna intervención del Estado.

Sin embargo, a pesar de los resultados económicos mencionados, la demanda efectiva de SST en el DMQ es marginal. Esto se debe a que los hogares del DMQ que poseen duchas eléctricas (55%) no se comportan de forma “económicamente racional”, al no realizar un correcto análisis intertemporal de los beneficios económicos de cada tecnología (considerando, a su vez los costos de operación crecientes de las tecnologías convencionales), y tampoco consideran los enormes beneficios socio-ambientales que presentan los SST frente a los sistemas convencionales de calentamiento de agua sanitaria. De igual manera, a pesar de los enormes beneficios para el Estado (debido al cese de subsidios al GLP y a la electricidad para calentamiento de agua sanitaria), no han existido proyectos extensivos que verdaderamente desarrollen del mercado de SST a través de sistemas de incentivos.

Ambas deficiencias (tanto desde el consumidor, como desde el Estado) se deben, entre otras razones, a las barreras económicas, institucionales, técnicas y socio-culturales mencionadas en el capítulo 2 que responden a fallos de mercado, Estado, instituciones e incluso de la cultura de la sociedad quiteña (y en general, ecuatoriana); por lo que los obstáculos al desarrollo y difusión de SST trascienden del ámbito puramente económico. Se vuelve, entonces, muy difícil (sino imposible) el “auto-despliegue” de estas tecnologías renovables sin una intervención directa del Estado. Pues, como lo señala OLADE (Rosero y Chilingua, 2011: 45), “los sistemas de calentamiento de agua están

en manos del sector privado y su utilización masiva depende de las políticas que adopten los gobiernos locales (ciudades) para incentivar su incorporación, sustituyendo el GLP [y la electricidad] actualmente en uso”.

Por lo tanto, es indispensable una propuesta de incentivos que potencie el uso de SST en el corto plazo, hasta que el mercado de SST en el DMQ alcance su etapa de desarrollo. Sin embargo, no deja de ser muy aconsejable que, adicionalmente, se instituyan políticas efectivas de focalización de los subsidios y de incorporación de externalidades negativas en los precios del GLP y de la electricidad, utilizados para calentamiento de agua sanitaria; pues “desde una perspectiva sistémica de política energética no es eficiente ni coherente promover incentivos a fuentes de energía renovable por un lado, mientras que por el otro lado se subsidia [desfocalizadamente] los precios de combustibles fósiles” (Castro, 2011: 100).

La focalización de los subsidios energéticos constituye la única forma totalmente efectiva de eliminar el incentivo perverso a un consumo creciente y derrochador de recursos por parte de las tecnologías convencionales de calentamiento de agua y de garantizar el desarrollo de tecnologías alternativas como los SST. Así, al tiempo que se incentivan las energías renovables y se propicia su desarrollo para que a mediano y largo plazo alcancen una etapa de maduración comercial sin la ayuda del Estado, se desincentiva el consumo de energías fósiles y se provoca un remplazo ejemplar hacia otras tecnologías renovables para los otros sectores energéticos del país.

4.3 Propuesta de incentivos para potenciar SST en el DMQ

En esta sección se realizará una recopilación teórica de manera sintetizada y comparativa sobre los incentivos disponibles para potenciar fuentes energéticas renovables que puedan ser aplicables al DMQ, con el fin de promover SST para calentamiento de agua sanitaria. Posteriormente, se concluirá con una propuesta concreta de incentivos que procurará haberse retroalimentado no solo de la base teórica que determine la factibilidad de aplicación local de los incentivos y de la experiencia internacional con incentivos para promover SST, sino también de las barreras económicas, institucionales, técnicas y sociales, mencionadas en el capítulo 2, que permitirán materializar una propuesta de incentivos multidimensional, realista, sólida y que se adapte a los requerimientos de los hogares del DMQ.

Una vez establecida una propuesta concreta de incentivos, se procederá con los cálculos que permitan medir los impactos económicos positivos de los incentivos y el costo de oportunidad que representa para el Estado implementarlos; de manera que se pueda concluir y recomendar la difusión y desarrollo de uno de los cuatro tipos de SST presentados, en base a su rentabilidad económica y que se analice bajo supuestos, escenarios de incentivos y temporalidades.

Cabe recalcar que la propuesta de incentivos para potenciar el uso de SST en el DMQ que se presenta se centrará exclusivamente en los incentivos dirigidos al sector consumidor de SST (demanda), por lo que los cálculos y análisis comparativos permitirán determinar la viabilidad económica real de estos incentivos aplicados y, por tanto, potenciar su uso y difusión.

4.3.1 Incentivos factibles para el DMQ

Como ya se mencionó en el análisis teórico, el tipo, tamaño y duración de los incentivos a aplicarse depende del contexto de cada mercado, que contará con características únicas de acuerdo a cada jurisdicción, recursos y tecnología disponibles. Los programas de incentivos bien diseñados pueden jugar un rol importante para incrementar la competitividad de las energías limpias si se las implementa como parte de una cartera completa y complementaria de incentivos, ya que serán críticos en el crecimiento de un mercado de energías limpias, en no desbalancear los recursos fiscales del gobierno y en minimizar el problema del polizón (free-rider). De esta manera:

Los incentivos financieros deben estar adecuadamente cubiertos para equilibrar las restricciones fiscales del gobierno con el riesgo para los consumidores de no recibir el incentivo si la demanda es mayor que la esperada. Además, los programas de incentivos deben ser diseñados con un horizonte de tiempo lo suficientemente largo como para dar consistencia al mercado sin crear un desincentivo para que las reducciones de precios. La longitud adecuada de los incentivos depende en gran medida en el mercado y el estado de la tecnología (UNEP, 2009: 23).

Se vuelve, entonces, necesario un análisis teórico y empírico que presente una serie de incentivos factibles que sean efectivos en potenciar el uso de SST en el DMQ. Para ello, el cuadro 17 muestra las mismas categorías de incentivos presentadas en el marco teórico de esta investigación (REN 21, 2011a), se señala su aplicación o no en Ecuador, una recopilación de la experiencia de otros países con los mismos y la determinación (justificada) a ser utilizados en el DMQ para potenciar el uso de sistemas solares térmicos.

4.3.2 Propuesta de incentivos para el DMQ

Como se observa en el cuadro 17, de las 22 divisiones (y subdivisiones) de tipos de incentivos presentados, el 73% (16 tipos de incentivos)⁴⁷ son potencialmente aplicables para impulsar tanto la oferta como la demanda de SST a nivel nacional; sin embargo, solo el 45% (10 tipos de incentivos) de éstos son factibles a aplicarse en el DMQ para exclusivamente potenciar el uso (demanda) de SST para agua caliente sanitaria, objetivo de esta investigación.

Por lo tanto, tras haber tomado en cuenta la base teórica analizada y una base empírica de incentivos exitosos para promover SST a nivel internacional, así como las barreras económicas, institucionales, técnicas y sociales mencionadas en el capítulo 2, se considera que un paquete de incentivos a ser implementado para potenciar SST en el DMQ debe contener los incentivos fiscales, financieros y regulatorios resumidos en la tabla 13.

⁴⁷ Se excluyen a los Pagos por Energía Producida (REP), tarifas preferentes “Feed-in tariff”, Cuotas de Cartera Renovable (RPS), medición neta, Certificados Renovables de Gran Escala (LTC) y a las leyes de acceso a energías renovables renovables, por tratarse de incentivos aplicables únicamente para potenciar la generación de energía eléctrica por fuentes renovables; así como se excluye al incentivo tributario por zonas francas, debido a la imposibilidad de su aplicación a nivel distrital.

Cuadro N° 17. Paquete de incentivos factibles para potenciar el uso de SST en el DMQ

Categoría	Tipo	Descripción	Subdivisión	Aplicación previa en Ecuador ⁴⁸	Países donde aplica para SST	Paquete de Incentivos para el DMQ	Justificación
Fiscales	Subsidios / subvenciones	Subsidios al capital: pagos de una sola ocasión para cubrir un % del costo de una inversión en renovables. Subvenciones y devoluciones, para para clientes comerciales o residenciales, para disminuir precios de compra de equipos renovables. Con subvenciones el pago inicial es menor y con devoluciones se recibe una retribución posterior (rembolso).	Subsidios al capital	x	Chile 40%, EEUU 25% hasta 1875, Reino Unido L300, Alemania 600, España 30%, Australia 1000, Austria 25%, Rep. Checa 50% hasta 1045, Nueva Zelanda 822, Suecia 1105, Portugal 2462.	x	N.A. como incentivo al consumidor
			Subvenciones y devoluciones al consumidor	x		✓	Aunque representen una carga para el Estado y dependan del Presupuesto General del Estado, pueden utilizarse siempre y cuando sean focalizados a los quintiles de población de menores ingresos.
	Tributarios	Instrumentos de renuncia fiscal por medio de los cuales se busca afectar el comportamiento de los actores económicos a un costo de recaudación fiscal mínimo. Estos pueden ser esquemas de depreciación acelerada, deducciones parciales, créditos tributarios o diferimiento impositivo.	Exenciones tributarias y reducciones de tasas	x	Brasil 0% IR empresas y 0% IVA	✓	100% de exoneración del IVA para las compras de SST
			Incentivos tributarios a la inversión: créditos tributarios			✓	Crédito tributario para deducción de un porcentaje del valor primario del SST (costo del equipo), no incluye costos de instalación o mantenimiento.
			Incentivos tributarios al empleo		x	x	N.A. como incentivo al consumidor
			Zonas francas con privilegios tributarios		Brasil aranceles 80% para importaciones de SST, Barbados 20% exoneración aranceles para insumos SST	x	Imposibilidad de aplicación de zonas francas a nivel distrital
	Pagos por Energía Producida (REP)	Pago directo del gobierno a los productores locales por cada unidad de energía eléctrica producida mediante fuentes renovables.		x	x	x	Aplica únicamente para energía eléctrica.

⁴⁸ Se refiere a incentivos utilizados para promover energías renovables en general.

Financieros	Inversiones y préstamos públicos	Facilita la asignación de capital para desarrollar proyectos de infraestructura renovable mediante corporaciones públicas, fondos para financiamiento, préstamos preferenciales y garantías de préstamos.	Inversiones públicas	✓	Brasil 1 millón viviendas con SST, Barbados donaciones gobierno y ONGs a productoras SST	✗	Los incentivos se darán para promover el consumo privado de SST, no se contemplan planes de inversión pública
			Préstamos públicos preferenciales	✗	EEUU, Alemania, Austria, Portugal (baja tasa interés y 45% no reembolsable), Brasil (reembolso 20% al primer quintil), Barbados	✓	Préstamos públicos a 0% interés para la compra de SST.
			Garantías de préstamos	✗	Chile, Austria	✓	Garante el Municipio del DMQ y el Fondo Nacional de Garantías en facilitar el acceso al crédito y ser garante de su pago.
	Licitaciones públicas	Procedimiento competitivo para escoger un oferente oficial del producto o servicio buscado, de entre un número de oferentes posibles que compiten por estándares de precio y calidad.		✓	Portugal, Barbados	✓	El Municipio del DMQ puede actuar como agente licitador a través del INCOP para asegurar la provisión de un número potencialmente demandado de SST que cumplan con normas y certificaciones y que puedan ser puestos a disposición de los ciudadanos del DMQ.
Regulatorios	Tarifas feed-in tariff	Contratos a largo plazo para productores de electricidad por fuentes renovables, se le garantiza un precio (basado en el costo de generación) por la electricidad generada durante un tiempo.		✓	N.A.	✗	Aplica únicamente para energía eléctrica.
	Norma/Cuota de Cartera Renovable (RPS)	Cantidad mínima, establecida por mandato, de generación eléctrica renovable (o compra de REC) que las corporaciones eléctricas (públicas y privadas) deben cumplir.		✗	N.A.	✗	Aplica únicamente para energía eléctrica.
	Medición neta (Net Metering)	Esquema bidireccional para que consumidores locales con unidades de generación renovable independiente puedan dirigir a la red excesos de electricidad generada y recibir una compensación económica a cambio.		✗	N.A.	✗	Aplica únicamente para energía eléctrica.
	Obligaciones y mandatos renovables	Medida que exige que se cumpla con un mínimo porcentaje de generación renovable. Además de RPS y REC para electricidad, incluye códigos u obligaciones de construcción renovable en calor y eficiencia energética.		✓	EEUU (Hawaii), Alemania, España, Canadá, Austria, Brasil	✓	Ordenanza para que las nuevas construcciones y grandes adecuaciones estén obligados a incorporar SST que provean al menos el 60% de requerimientos de agua caliente sanitaria.
	Certificados de Obligación Renovables (REC)	Certificado negociable, acumulable pero no tangible, que certifica la generación de una unidad de energía (normalmente eléctrica) por fuentes renovables. Sirven para cumplir con mandatos y como herramienta de comercio entre consumidores y productores.	Certificados renovables de Gran Escala (LTC)	✗	N.A.	✗	Aplica únicamente para energía eléctrica.
			Certificados Renovables de Pequeña Escala (STC)	✗	Australia: optar por certificados STC (en vez de un subsidio) y transarlos en mercado de valores a 40.	✗	De difícil aplicación local, por reducida capacidad demográfica (y mercado potencial), así como falta de cultura y experiencia en mercados de valores.

Otros	Licencias para garantizar que empresas instaladoras de tecnologías renovables tengan experiencia y conocimientos necesarios para una correcta instalación y mantenimiento de los equipos.		✓	EEUU, Canadá	✓	De extrema necesidad para reducir fallos de información, problemas de selección adversa y riesgo moral para con el consumidor y productor de SST.
	Certificación de equipos		✓	EEUU, Canadá, Brasil	✓	
	Políticas de divulgación		✗	EEUU, Francia	✓	
	Leyes de acceso a energías renovables		✗	N.A.	✗	Aplica únicamente para energía eléctrica.
	Mercados de carbono		✓	✗	✗	N.A. como incentivo al consumidor

Fuente: Castro, 2011: 99; Jiménez y Podestá, 2009: 19, 27, 41; REN 21, 2011a: 54; INCOP, 2012; Cuadro N° 8.

Elaboración: Iván González G.

Tabla N° 13. Paquete de incentivos para potenciar el uso de SST en el DMQ

Categoría del incentivo	Tipo de incentivo	Monto %
Incentivos fiscales	Crédito tributario para la compra de SST	Por determinarse en análisis costo beneficio según escenarios
	Devoluciones por la compra de SST	
	Exoneración tributaria al IVA 12%	100%
Incentivos financieros	Préstamos públicos preferenciales al 0% de interés	100%
	Garantías de préstamos	N.A.
	Licitaciones públicas	N.A.
Incentivos regulatorios	Obligaciones y mandatos renovables	N.A.
Otros	Licencias para contratistas	N.A.
	Certificación de equipos	N.A.
	Políticas de divulgación	N.A.

Elaboración: Iván González G.

Para su implementación práctica, correspondería que los incentivos fiscales sean gestionados en el ámbito local por el Servicio de Rentas Internas (SRI). Considerando que el IVA consiste en un impuesto indirecto de alcance nacional sobre el consumo, convendría que el incentivo fiscal que plantea exonerar del pago de dicho impuesto para los SST, sea previamente acordado como resultado de un intenso cabildeo técnico-político por parte del Municipio del DMQ (MDMQ) sobre el SRI para que su aplicación sea efectiva en todo el territorio ecuatoriano, acentuando el rol del MDMQ como un Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) audaz y pionero en incentivar tecnologías ambientalmente sustentables, iniciativa que podría ser replicada por otros GAD. Los incentivos propuestos se detallan a continuación:

4.3.2.1 Incentivos fiscales

Se plantea una *exención del 100% del Impuesto al Valor Agregado (IVA) pagado en la compra de SST*, siguiendo el ejemplo de Brasil; con el fin de mantener constante el costo primario del SST (sin dar riendas a especulación en su comercio) y, al mismo tiempo, dar una ventaja a estos equipos frente a los calefones a gas y duchas eléctricas que mantienen el pago del 12% de IVA.

Mediante *créditos tributarios* se permitirá deducir un porcentaje (por determinarse en el análisis) del valor primario de los SST adquiridos, emulando la experiencia de Chile, EEUU, Francia, Austria y Barbados. Adicionalmente, se establecerá un subsidio al consumidor en la forma de devolución (rembolso) por un porcentaje del costo primario del SST, tal como se realizó en Chile, EEUU, Reino Unido, Alemania, España, Australia, Austria, Rep. Checa, Nueva Zelanda, Suecia y Portugal.

4.3.2.2 Incentivos financieros

Se realizarán *préstamos públicos exclusivos para la compra de SST a una tasa de interés preferencial* y por un plazo por determinarse, replicando la exitosa experiencia de EEUU, Alemania, Austria, Portugal, Brasil y Barbados. Adicionalmente, se debe establecer como garante al Municipio del DMQ

y el Fondo Nacional de Garantías, de manera que faciliten el acceso al crédito para pequeños prestamistas y sean sus garantes en caso de suspensión de pagos, en concordancia con la experiencia chilena y austríaca.

Para que los consumidores puedan acceder a la utilización de los incentivos fiscales y financieros mencionados, se debe exigir que cumplan con requerimientos técnicos (solo SST certificados), cuenten con un tiempo de garantía, provean al menos el 60% de los requerimientos de agua caliente sanitaria y sean instalados por empresas con licencias.

Por último, el Municipio del DMQ puede aprovechar el *mecanismo de compras públicas a través del INCOP*, con el fin de asegurar la provisión a bajo costo de un número potencialmente demandado de sistemas solares térmicos que cumplan con normas, certificaciones y licencias exigidas nacional e internacionalmente, y que se puedan poner a disposición de la ciudadanía del DMQ.

4.3.2.3 Incentivos regulatorios y otros

A partir de *ordenanzas en el DMQ*, se exigirá que la totalidad de nuevas construcciones y grandes adecuaciones estén obligadas a incorporar equipos de SST certificados que provean al menos el 60% de requerimientos de agua caliente sanitaria y sean instalados por empresas con licencias, tal como se realiza en EEUU (Hawaii), Alemania, España, Canadá, Austria y Brasil.

Adicionalmente, se debe crear un *organismo público regulado y especializado en otorgar licencias* a empresas competentes para la instalación de equipos de SST, así como la recepción de denuncias, citaciones, suspensiones o revocamiento de licencias y sanciones administrativas, penales y civiles contra infractores, a manera de proteger a los consumidores, de la misma forma que lo hace el “Contractors State License Board” de EEUU. De igual manera, crear un organismo público de certificación única, estandarizada, confiable y de reconocimiento nacional para los equipos de SST. Este mecanismo alentaría la compra de SST, desarrollando la confianza del consumidor con criterios racionales y defendibles para las calificaciones de los equipos de SST y sus características técnicas, tal como el “Solar Rating and Certification Corporation (SRCC)” de EEUU.

Por último, es indispensable una *campaña agresiva de políticas de divulgación, información y sensibilización* para con la ciudadanía, de manera que se comprendan los procesos de inversión, compra y venta de los incentivos planteados, tal como se ha realizado en la totalidad de países analizados, subrayando la experiencia positiva de EEUU, Francia y Brasil.

A continuación se presenta el análisis costo beneficio mencionado que pretenderá establecer la viabilidad real del paquete de incentivos planteado. Se analizan diferentes escenarios para los cuatro tipos de SST presentados en el capítulo 2. Cabe señalar, sin embargo, que el análisis costo beneficio es exclusivo para los incentivos fiscales y financieros recientemente escogidos (excluyendo garantías de préstamos y licitaciones públicas) como parte de un paquete de incentivos que potencie el uso de SST en el DMQ. Esto se debe a que son los tipos de incentivos con mejor posibilidad de medición y contrastación económica (al tratarse con variables cuantitativas).

4.3.3 Análisis costo-beneficio: escenarios con incentivos

El análisis costo-beneficio de la implementación de incentivos económicos para potenciar el uso de SST en el DMQ centrará considerablemente su atención en el Estado; pues, además de ser el gestor de la política, es el que sufrirá directamente los costos de implementación de estos incentivos, los cuales deben contrastarse con los beneficios potenciales por el cese del consumo y subsidio del GLP y electricidad, utilizados en calefones a gas y duchas eléctricas respectivamente. Consecuentemente, una vez establecidas las cantidades económicamente óptimas (con respaldo teórico y empírico) de los incentivos a aplicarse desde el Estado, se procederá a evaluar los efectos sobre los consumidores de SST (familias del DMQ). Cabe señalar que el mencionado análisis se realizará matemáticamente considerando como supuesto la exclusión de la evaluación del comportamiento de los agentes económicos (economía conductual). Por lo tanto, no se analizará el efecto conductual de los incentivos sobre la toma de decisiones de los agentes.

Supuestos sobre los incentivos a utilizarse

- ✓ Se lanza un nuevo programa de incentivos cada 5 años, con una efectividad del 20% de las familias del DMQ por cada vez que se renueva el programa de incentivos, llegando al 100% en 20 años.
- ✓ Al existir una efectividad de los programas del 20% acumulativo, se producirá un incremento análogo del ahorro del Estado por el cese de subsidios a energías convencionales; pues con cada renovación del programa de incentivos se logra cubrir un 20% adicional de familias del DMQ, haciendo que los porcentajes de familias que ya reemplazaron tecnologías convencionales por SST no demanden GLP y electricidad subsidiada y, por tanto, se incremente el ahorro del Estado de forma acumulativa por cada vez que se renueva el programa de incentivos. Por el contrario, los costos de implementación de cada programa no son acumulativos, pues cada 5 años se aplica un nuevo programa con el 20% del costo (por efectividad) para el Estado, que no se incrementa a los siguientes 5 años sino se mantiene constante.

Para favorecer esta efectividad acumulativa del 20% cada 5 años, se deberán establecer simultáneamente los incentivos de tipo regulatorio, entre los otros recientemente planteados (obligaciones y mandatos renovables, licencias para contratistas, certificación de equipos y políticas de divulgación); cuyos costos para el Estado no se considerarán en el modelo.

- ✓ El crecimiento de la población del DMQ se mantiene constante (no hay crecimiento poblacional).
- ✓ La población del DMQ que demanda agua caliente debe elegir la compra de algún tipo de tecnología de generación de agua caliente sanitaria desde el primer año; es decir, puede elegir entre comprar un SST, un calefón a gas o una ducha eléctrica (sin importar que ya posea alguno de los equipos). Para la evaluación de costos de estas tecnologías se considerará un remplazo por nuevos equipos en el año exacto en el que finalice su vida útil, hasta llegar a los 20 años, donde se cesa la compra de nuevos equipos al detenerse el análisis.

- ✓ Análisis a precios constantes (inflación afectaría por igual a todas las tecnologías de calentamiento de agua y por eso no se la considera).
- ✓ Los costos primarios de los SST se mantienen constantes en el tiempo, sin que los avances tecnológicos, experticia o economías de escala los reduzcan.
- ✓ La totalidad de la población toma un préstamo público al 0% de interés por el porcentaje del costo primario del SST no cubierto por los otros incentivos, sin importar del quintil de ingreso a tratarse. El plazo del crédito estará en función de sus pagos mensuales, los cuales serán asociados (solo como referencia) al pago promedio de una cuota del crédito Bono de la Vivienda, en el cual un hogar del quintil 1 paga entre USD 90 y USD 100 mensuales (APIVE, 2009) y un hogar del quintil 3 paga entre USD 193 y USD 309 mensuales (Landeta, 2006). Por tanto, considerando que un SST forma parte del valor de una casa, los pagos no deben exceder el 10% - 15% del valor pagado por las cuotas de una casa, es decir, entre 10 y 15 dólares para el quintil 1, y entre 20 y 45 dólares para el quintil 3.
- ✓ “El costo de oportunidad del Estado por entregar préstamos al 0% de interés se puede expresar con una tasa del 2% al 3% con la cual se conseguiría financiamiento para proyectos sociales de organismos financieros multilaterales como la CAF” (entrevista del 21 de marzo de 2012 al Econ. Daniel Yépez), por lo que se asumirá una tasa de interés efectiva promedio del 2,5%.
- ✓ La exoneración del 12% de IVA para la totalidad de SST producidos localmente o importados provoca una ventaja competitiva respecto a los calefones a gas y duchas eléctricas, cuyos precios de venta se incrementan en este porcentaje, mientras el precio de los SST permanece constante.
- ✓ Considerando el cuadro 10, que muestra el consumo de energía para calentamiento de agua presentado por quintiles de ingreso del DMQ, se asumirá un mercado potencial de 48.507 familias de los quintiles más pobres del DMQ (Q1 y Q2), 59.902 familias del Q3 y 257.700 familias de los quintiles más acaudalados del DMQ (Q4 y Q5), con un mercado total de 366.109 familias del DMQ que demandan agua caliente sanitaria.

En el cuadro 18 se muestran los incentivos fiscales y financieros propuestos a aplicarse en el DMQ para potenciar el uso de SST, con sus respectivos porcentajes de incentivo y público objetivo. Éste cuadro presenta dos escenarios de incentivos diferentes que, consecuentemente, serán motivo de evaluación mediante análisis costo-beneficio: uno con incentivos generalizados (no focalizados) y otro con incentivos focalizados según quintiles de ingreso. Ambos casos se analizarán bajo una temporalidad de 5, 10, 15 y 20 años.

Cuadro N° 18. Incentivos fiscales y financieros sujetos a análisis costo-beneficio

INCENTIVOS		ESCENARIO 1: Generalizado		ESCENARIO 2: Focalizado			
Categoría	Tipo	Toda la población	Justificación	Q1 y Q2	Q3	Q4 y Q5	Justificación
Incentivos fiscales	Crédito tributario para la compra de SST	62,5%	Promedio de los porcentajes de crédito tributario planteados para los Q1 y Q2 (75%) y para los Q4 y Q5 (50%) del Escenario 2, el cual plantea incentivos focalizados. Constituye, a su vez, el mismo porcentaje aplicado para el Q3 en el Escenario 2.	-	-	50%	Al tratarse de los dos quintiles más pudientes, se considera que un crédito tributario del 50% sería efectivo en incentivar la compra de SST, pues los hogares del Q4 y Q5 están en capacidad de deducir este porcentaje de su impuesto a la renta, sin ser una carga para el Estado en la forma de subsidio directo. Se busca replicar la experiencia exitosa de Francia y de Chile, EEUU, Austria y Barbados.
	Devoluciones por la compra de SST	-	Para un mismo grupo poblacional no es consistente la aplicación de otro incentivo similar que reduzca el pago percibido del consumidor.	75%	62,5%	-	Subsidio directo en forma de devoluciones (rebolsos) para evitar riesgos de fraude y especulación con los precios. Deducción del 75% para el Q1 y Q2 (población más vulnerable y con menos capacidad de pago), sin recurrir al 100% de subsidio con el fin de disminuir el maltrato y mal uso de los equipos, así como posibles fraudes. Incentivo intermedio de 62,5% para el Q3, análogo a la capacidad de pago intermedia del mismo (entre los dos quintiles superiores e inferiores). No se aplica crédito tributario, pues estos quintiles no estarían en la capacidad de deducir de su impuesto a la renta. Se emula experiencia de EEUU, Reino Unido, Alemania, España, Rep. Checa, Nueva Zelanda y Suecia.
	Exoneración tributaria al IVA 12%	100%	Exención total del pago del 12% de IVA para evitar la elevación del precio final de los SST (y así impedir que se afecte negativamente su competitividad), así como evitar especulaciones con su precio de mercado. Se emula la experiencia brasileña.	100%	100%	100%	Exención total del pago del 12% de IVA para evitar la elevación del precio final de los SST (y así impedir que se afecte negativamente su competitividad), así como evitar especulaciones con su precio de mercado. Se emula la experiencia brasileña.
Incentivos financieros	Préstamos públicos preferenciales al 0% de interés	100%	Facilitar el acceso al crédito para el pago de la fracción del costo del SST no cubierto por los otros incentivos, evitando que se vuelva una carga para el consumidor. Préstamos al 0% de interés para no elevar el costo del SST. Se replica la experiencia positiva de EEUU, Austria, Portugal, Brasil y Barbados. Para ello se puede contar con el apoyo de la CFN y del BNF, previo cabideeo técnico-político por parte del Municipio del DMQ.	100%	100%	100%	Facilitar el acceso al crédito para el pago de la fracción del costo del SST no cubierto por los otros incentivos, evitando que se vuelva una carga para el consumidor. Préstamos al 0% de interés para no elevar el costo del SST. Se replica la experiencia positiva de EEUU, Alemania, Austria, Portugal, Brasil y Barbados. Para ello se puede contar con el apoyo de la CFN y del BNF, previo cabideeo técnico-político por parte del Municipio del DMQ.

Elaboración: Iván González G.

4.3.3.1 Costo-beneficio para el Estado

Ingresos para el Estado

El ahorro del Estado (ingreso por el cese de subsidios) bajo un alcance progresivo de la demanda del DMQ (20% cada 5 años), y bajo los otros supuestos mencionados, presenta las cifras del cuadro 19.

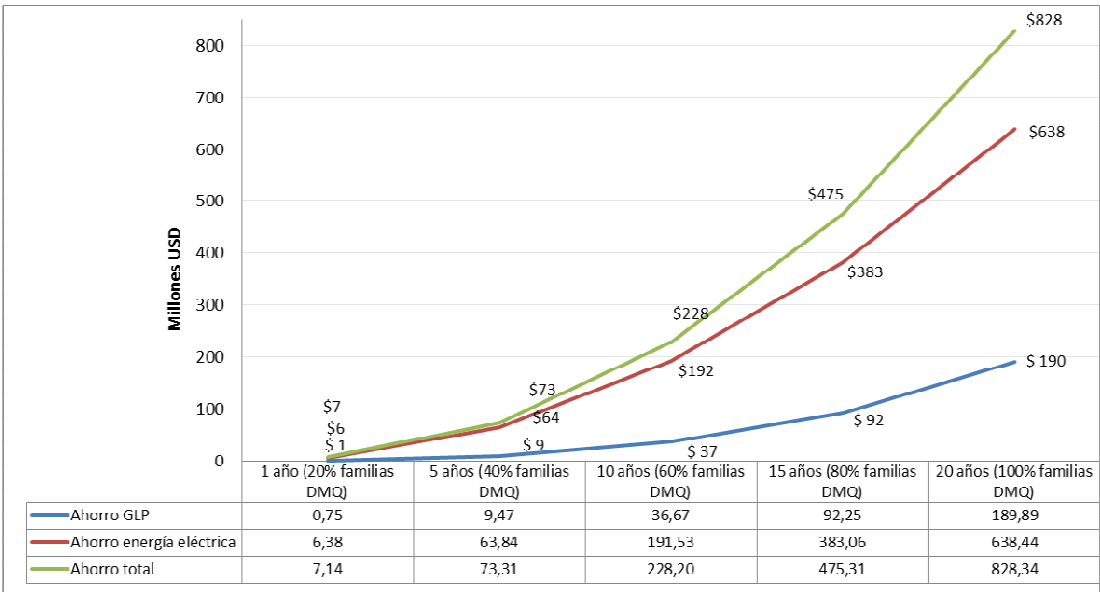
Cuadro N° 19. Ingresos potenciales para el Estado con un alcance acumulativo de la demanda del DMQ (20% cada 5 años), gracias a los incentivos planteados

Ahorro para el Estado	Ahorro neto proyectado por cese de subsidios, gracias a los incentivos planteados (millones USD)				
	1 año (20% familias DMQ)	5 años (40% familias DMQ)	10 años (60% familias DMQ)	15 años (80% familias DMQ)	20 años (100% familias DMQ)
Ahorro GLP	0,75	9,47	36,67	92,25	189,89
Ahorro energía eléctrica	6,38	63,84	191,53	383,06	638,44
Ahorro total	7,14	73,31	228,20	475,31	828,34

Fuente: Cuadro N° 15.
Elaboración: Iván González G.

Los cálculos del cuadro 19 derivaron del cuadro 15, considerando adicionalmente un supuesto de efectividad acumulativa (de los incentivos) correspondiente al 20% de las familias del DMQ por cada 5 años (logrando el 100% de familias en 20 años); para lo cual se multiplicaron los valores correspondientes a 1, 5, 10, 15 y 20 años del cuadro 15 por 20%, 40%, 60%, 80% y el 100%, respectivamente, otorgando una visión más realista al análisis (ver gráfico 39).

Gráfico N° 39. Ahorro neto proyectado para el Estado por cese de subsidios gracias a los incentivos planteados: alcance progresivo de la demanda (20% cada 5 años)



Fuente: Cuadro N° 19.
Elaboración: Iván González G.

Cabe recordar que para favorecer esta efectividad acumulativa del 20%, cada 5 años, se deberán establecer simultáneamente los incentivos de tipo regulatorio y otros planteados previamente (obligaciones y mandatos renovables, licencias para contratistas, certificación de equipos y políticas de divulgación); cuyos costos para el Estado no se considerarán en el modelo.

Como se observa en el gráfico 38, asumiendo un alcance acumulativo del 20% de familias del DMQ cada 5 años gracias a los sistemas de incentivos propuestos, el Estado ahorrará USD 228,20 millones en solo 10 años, para llegar a la suma de USD 828,34 millones en 20 años.

Costos para el Estado

Los costos por un sistema de incentivos que permita obtener este ahorro acumulativo para el Estado se analizarán desde dos perspectivas: un escenario con incentivos generalizados (no focalizados) como se ha presentado en la mayoría de países del mundo, y otro escenario con incentivos focalizados según quintiles de ingreso de la población del DMQ.

Para ambos escenarios se aplica la misma metodología de costos por la implementación de incentivos desde el Estado, diferenciando entre la metodología costos de los incentivos fiscales con la de los incentivos financieros. De esta forma, el costo de cualquier incentivo fiscal (C_i) se obtiene mediante el producto del porcentaje del incentivo⁴⁹ (i), por el valor del sistema solar térmico según corresponda (SST), y por la población objetivo del DMQ (p) a la que se dirige el incentivo.

$$C_i = SST * i * p$$

Así, por ejemplo, para obtener el costo por el otorgamiento de un crédito tributario (no focalizado) del 62,5% por la compra del SST 1 en el DMQ, se multiplica el costo del SST 1 (USD 794) por el porcentaje del crédito tributario (62,5%) y por la población objetivo del DMQ que consume agua caliente sanitaria (que corresponde a 366.109 familias para el ejemplo de aplicación desfocalizada del incentivo):

$$C_i = 794 * 0,625 * 366.109 = \text{USD } 181.681.609$$

Por otro lado, para obtener los incentivos financieros planteados (préstamos públicos al 0% de tasa de interés por el porcentaje del costo del SST no cubierto por los otros incentivos), rige otra metodología de cálculo. En primera instancia, se debe aplicar la fórmula de valor actual por interés compuesto presentada, previamente, en este capítulo; aplicando una tasa de interés efectiva del 2,5%; con un plazo del crédito en función de los pagos mensuales del mismo; y con un valor final (monto) correspondiente al porcentaje del costo del SST no cubierto por los incentivos fiscales, tal como se señaló en los supuestos del modelo.

Posteriormente, para obtener el costo por préstamos públicos a 0% tasa de interés (C_{pp}), debe sustraerse el Valor Actual (VA) calculado del valor remanente del costo del SST a financiar (SST), con

⁴⁹ Nótese que dicho porcentaje varía según el escenario de incentivos a tratarse, considerando adicionalmente que para el caso de las exoneraciones tributarias del IVA, (i) corresponde al 12% (no 100%), y que ésta metodología no aplica para obtener el costo de oportunidad para el Estado por aplicación de incentivos financieros.

el fin de obtener los intereses potenciales que el Estado estaría perdiendo por los préstamos al 0% de interés (su costo de oportunidad) y, finalmente, dicho valor multiplicado por la población objetivo (p), que varía según el escenario por incentivos focalizado o no focalizado.

$$C_{pp} = (SST - VA) * p$$

$$VA = M \frac{1}{(1+i)^n}$$

; donde el VA por interés compuesto se calcula:

Así, por ejemplo, para obtener el costo por préstamos públicos al 0% de interés en un escenario de incentivos focalizados para potenciar el uso del SST 2 en el quintil 3 del DMQ; el Monto (M) corresponde al valor del SST 2 no cubierto por el subsidio de 62,5%, o sea el 37,5% del costo (USD 333,37); el número de períodos (n) corresponde a 2 años (con el fin de que se realicen pagos mensuales de 13,89, valor menor al máximo establecido en los supuestos para el quintil 3); y la tasa de interés que refleja el costo de oportunidad del Estado del 2,5%, con una población objetivo (p) de 59.902 familias del Q3 del DMQ que utilizan tecnologías convencionales de calentamiento de agua, para lo cual se calcula:

$$VA = 333,37 * (1/(1+0,025)^2) = \text{USD } 317,31$$

$$C_{pp} = (333,37 - 317,31) * 59.902 = \text{USD } 962.261,55$$

Al repetir el mismo cálculo de Cpp para Q1 y Q2 se obtiene un valor de USD 519.472,65, y el Cpp para Q4 y Q5 se obtiene USD 2.793.844,29; por lo cual el costo total para el Estado por implementar préstamos públicos al 0% de interés para la compra del SST 2 (cuyo costo remanente a cubrirse es de USD 333,37 por equipo) para todos los quintiles de la población es de USD 4.275.578.

Una vez explicada la metodología, se procede a presentar los costos para el Estado por la aplicación de incentivos fiscales y financieros para potenciar el uso de SST en el DMQ, según los dos escenarios de incentivos planteados.

Escenario 1: Costos para el Estado por incentivos generalizados

En este primer escenario, los incentivos a analizarse se darán de forma no focalizada; es decir, con una distribución uniforme a toda la ciudadanía del DMQ.

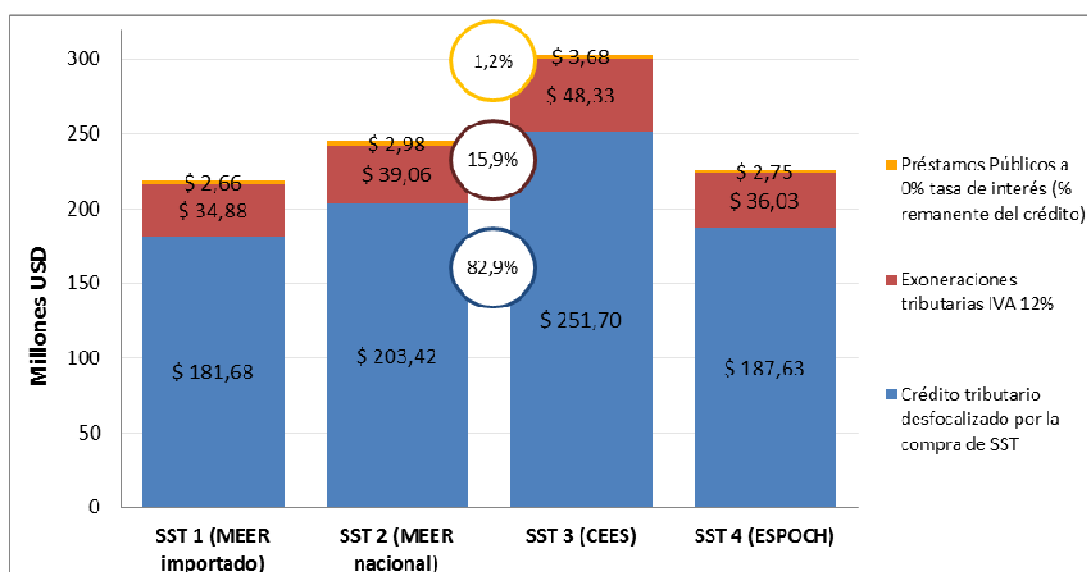
Cuadro N° 20. Costos para el Estado por la aplicación de incentivos: Escenario 1

Tecnología de calentamiento de agua	Unidad	Costos por aplicación de incentivos			
		Escenario 1: Incentivos generalizados			
		Crédito tributario desfocalizado por la compra de SST	Exoneración tributaria IVA 12%	Préstamos públicos a 0% tasa de interés (%remanente del crédito)	Total
		62,5%	100%	100%	
SST 1 (MEER importado)	USD	181.681.609	34.882.869	2.658.755	219.223.234
SST 2 (MEER nacional)	USD	203.419.333	39.056.512	2.976.868	245.452.714
SST 3 (CEES)	USD	251.699.963	48.326.393	3.683.414	303.709.769
SST 4 (ESPOCH)	USD	187.630.881	36.025.129	2.745.818	226.401.828

Fuente: Cuadro N° 18; Manzano, 2011: 11; INEC 2011; INEC 2007.

Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 40. Costos para el Estado por la aplicación de incentivos: Escenario 1



Fuente: Cuadro N° 18; Manzano, 2011: 11; INEC 2011; INEC 2007.

Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el gráfico 40, el SST 3 presenta los mayores costos para el Estado por la aplicación de incentivos no focalizados con USD 303,7 millones; le sigue el SST 2 con USD 244,5 millones, el SST 4 con USD 226,4 millones y, finalmente, el SST 1 con USD 219,2 millones. El crédito tributario (del 62,5%), para la totalidad de equipos, representa una carga del 82,9% del costo, las exoneraciones del 12% de IVA una carga del 15,9% y los préstamos públicos a 0% de tasa de interés solo el 1,2% del costo. Bajo este escenario, el SST 3 es el sistema solar térmico que menos le conviene impulsar al Estado, mientras que el SST 1 es el sistema más beneficioso.

Escenario 2: Costos para el Estado por incentivos focalizados

A continuación se muestra un análisis análogo al anterior, con la diferencia de que se presenta para un escenario con incentivos focalizados según quintiles de ingreso. Se pretende plantear una política de incentivos que no cuente únicamente con viabilidad y eficiencia económica sino también con visión social; de manera que se diferencie la aplicación de los incentivos según las características endógenas de cada quintil (población objetivo). Para ello, se otorga especial consideración para con el 40% de la población de menores ingresos del DMQ (Q1 y Q2) al ser la más vulnerable y que cuenta con menor poder adquisitivo, por tanto, menos propensa a la adquisición de un SST sin el apoyo de incentivos económicos (ver cuadro 21).

Bajo el escenario de incentivos focalizados, el SST 3 continúa como el más costoso para el Estado (USD 276,5 millones), seguido del SST 2 (USD 223,5 millones), del SST 4 (USD 206,2 millones) y, finalmente, el SST 1 (USD 199,6 millones). Adicionalmente, otorgar un crédito tributario (del 50%) para Q4 y Q5 conlleva el mayor peso dentro de los costos para el Estado con el 51,3%, seguido de las devoluciones (del 62,5%) por la compra de SST para el Q3 con el 14,9% de los costos y de las devoluciones (del 75%) para Q1 y Q2 con el 14,5% de los costos; le siguen las exoneración tributaria del 12% del IVA para toda la población con el 17,5% de los costos y, finalmente, los préstamos públicos a 0% de interés que ocupan solo el 1,9% de los costos (ver gráfico 41).

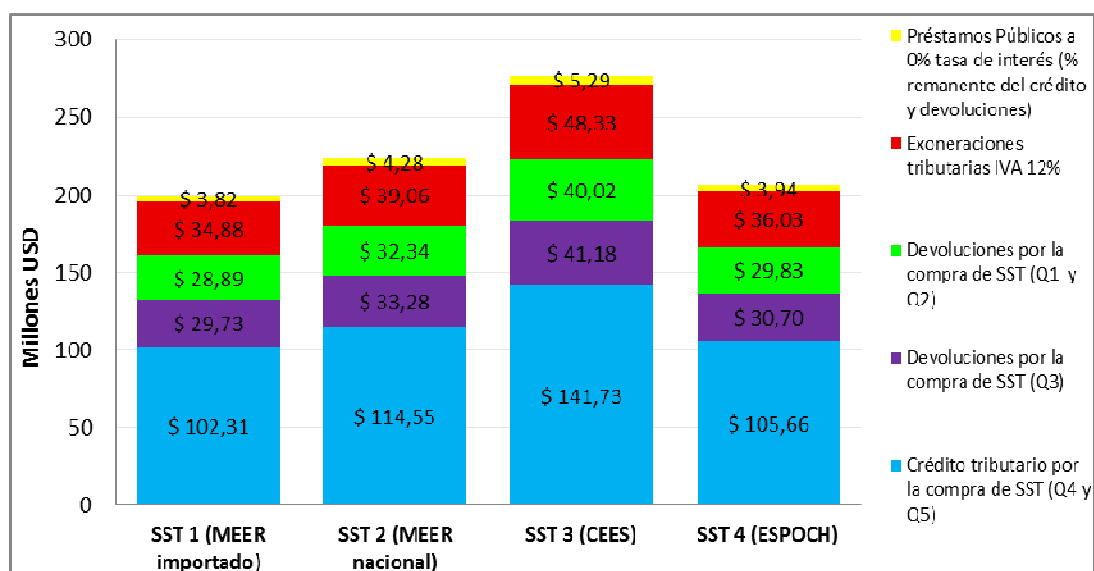
Cuadro N° 21. Costos para el Estado por la aplicación de incentivos (Escenario 2)

Tecnología de calentamiento de agua	Unidad	Costos por aplicación de incentivos					
		Escenario 2: Incentivos focalizados					Total (sumatoria anual)
		Crédito tributario por la compra de SST (Q4 y Q5)	Devoluciones por la compra de SST (Q3)	Devoluciones por la compra de SST (Q1 y Q2)	Exoneraciones tributarias IVA (toda la población)	Préstamos públicos a 0% tasa de interés (toda la población)	
		50%	62,5%	75%	100%	100%	
SST 1 (MEER importado)	USD	102.306.870	29.726.468	28.885.865	34.882.869	3.818.683	199.620.755
SST 2 (MEER nacional)	USD	114.547.616	33.283.162	32.341.982	39.056.512	4.275.578	223.504.850
SST 3 (CEES)	USD	141.734.958	41.182.765	40.018.201	48.326.393	5.290.367	276.552.683
SST 4 (ESPOCH)	USD	105.656.969	30.699.879	29.831.750	36.025.129	3.943.728	206.157.455

Fuente: Cuadro N° 18; Manzano, 2011: 11; INEC 2011; INEC 2007.

Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 41. Costos para el Estado por la aplicación de incentivos (Escenario 2)



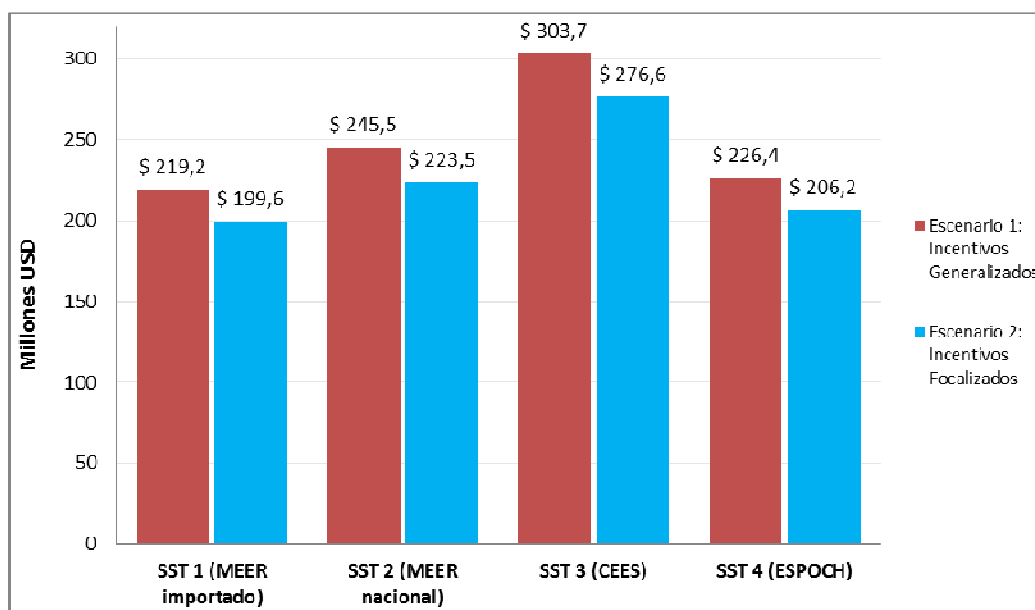
Fuente: Cuadro N° 18; Manzano, 2011: 11; INEC 2011; INEC 2007.

Elaboración: Iván González G.

Comparación de Escenarios y Beneficio Neto para el Estado

Para la totalidad de los casos, tal como se observa en el gráfico 42, los costos del Escenario 2 (incentivos focalizados) son menores que los costos del Escenario 1 (incentivos generalizados), aun considerando que el Escenario 2 cubre un mayor porcentaje de la población, de forma más focalizada y eficiente; que incluye mayor diversidad de sistemas de incentivos, aplicados de acuerdo con las características endógenas de cada quintil de la población del DMQ; que cuenta con visión social y diferencia favorablemente a los quintiles menos pudientes, sin descuidar a los quintiles de mayores ingresos para que se incluyan en el programa de sustitución de calefones a gas y duchas eléctricas por SST; y que se cumple con el requisito de focalización para incentivos óptimos.

Gráfico N° 42. Costos para el Estado por aplicación de incentivos: comparación entre escenarios



Fuente: Cuadro N° 20; Cuadro N° 21.

Elaboración: Iván González G.

Una característica similar en ambos escenarios es que el SST 3 (CEES) es el más costoso y, por tanto, el que menos le conviene impulsar al Estado; mientras que el SST 1 (importado - MEER) es el menos costoso. Adicionalmente, el crédito tributario asignado es el rubro de incentivos con mayor carga de costos para el Estado, por lo que puede reducirse de ser sensato y necesario; ya sea si se observa que los agentes responden positivamente al incentivo sin necesidad de que sea tan alto, o en caso de que se requiera de mayor recaudación tributaria para otros proyectos sociales complementarios o de diferente índole. Esto se puede realizar, especialmente, en el caso de aplicar los incentivos desde un enfoque focalizado, ya que los hogares de los quintiles 4 y 5 que recibirían el crédito tributario puedan no requerir de un porcentaje tal como el planteado (del 50%), sino que requieran del 40% o menos, como ha ocurrido en otros países.

Por lo analizado, se escogerá al Escenario 2 (incentivos focalizados) como el esquema de incentivos predilecto para potenciar eficazmente el uso de SST en el DMQ, pues deviene en ser un sistema de incentivos superior en todo sentido. Por su parte, estos costos también están sujetos al supuesto de efectividad acumulativa de los incentivos, en el cual, cada 5 años, el 20% de las familias del DMQ adquirirán un SST; por lo que se multiplicaron los costos correspondientes a 1, 5, 10, 15 y 20 años del cuadro 21 por el 20%, 40%, 60%, 80% y 100%, respectivamente (tal como se realizó en el cuadro 19 con los ingresos potenciales) (ver cuadro 22).

Por tanto, el beneficio neto para el Estado por implementar el escenario planteado por incentivos focalizados, se obtiene a partir de la diferencia de los ingresos potenciales para el Estado (debido al cese de subsidios) (cuadro 19) menos los costos para el Estado por la aplicación de dichos incentivos (cuadro 22), ambos bajo el supuesto de un alcance acumulativo del 20% de la demanda del DMQ cada 5 años (ver cuadro 23 y grafico 42).

Cuadro N° 22. Costos totales para el Estado por la aplicación de incentivos focalizados bajo un alcance acumulativo de la demanda del DMQ (20% cada 5 años)

Tecnología de calentamiento de agua	Costos totales para el Estado por la aplicación de incentivos focalizados (millones USD)				
	1 año (20% familias DMQ)	5 años (40% familias DMQ)	10 años (60% familias DMQ)	15 años (80% familias DMQ)	20 años (100% familias DMQ)
SST 1 (MEER importado)	39,92	79,85	119,77	159,70	199,62
SST 2 (MEER nacional)	44,70	89,40	134,10	178,80	223,50
SST 3 (CEES)	55,31	110,62	165,93	221,24	276,55
SST 4 (ESPOCH)	41,23	82,46	123,69	164,93	206,16

Fuente: Cuadro N° 21.

Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el gráfico 42, para la totalidad de tipos de SST se presentan pérdidas para el Estado que bordean los USD 35 millones en el primer año; sin embargo, a partir del quinto año, la tendencia se revierte totalmente, presentando ganancias inversas a las pérdidas presentadas en el primer año. Estos beneficios se incrementan a más de USD 780 millones en 20 años. Por lo tanto, para el Estado, existe ventaja y conveniencia del uso masivo del SST 1 (importado de Israel y aplicado en el proyecto de 10.625 SST en la sierra ecuatoriana) por sobre los otros SST, ya que dicho equipo presenta una ventaja positiva de USD 4,78; 15,39 y 1,31 millones por sobre el SST 2, 3 y 4, respectivamente. Por lo que la utilización masiva del SST 1 en el DMQ, presentaría un beneficio neto para el Estado de USD 788,41 millones en 20 años (ver cuadro 23 y gráfico 43).

4.3.3.2 Costo-beneficio para el consumidor

Para el caso del consumidor (familias del DMQ) no existen costos de implementación de los incentivos, por lo que su existencia se traduce directamente en beneficios que acortan el tiempo de recuperación de la inversión y alientan a la compra (y uso) de SST para calentamiento de agua sanitaria.

La exoneración del pago del IVA permite que no se eleven los precios de los SST, mientras que se produce una elevación de los precios de los calefones a gas y duchas eléctricas en 12% por el cobro de dicho impuesto. Por otro lado, aunque los préstamos públicos preferenciales al 0% de interés representan un importante incentivo para la compra de un SST, no es factible expresarlo en el análisis costo-beneficio para el consumidor; pues, si bien sirve como soporte para el pago del costo remanente del SST que no fue cubierto por los otros incentivos, no involucra cese de algún porcentaje de pago.

Por tanto, el análisis del beneficio para el consumidor representará los efectos de los incentivos fiscales planteados (créditos tributarios, devoluciones y exoneraciones del IVA) según aplique para cada escenario de incentivos generalizados o focalizados; de tal forma que se reduzcan los costos primarios de los SST a la vez que incrementa los costos de las tecnologías convencionales (por el 12% del IVA) (ver cuadro 24).

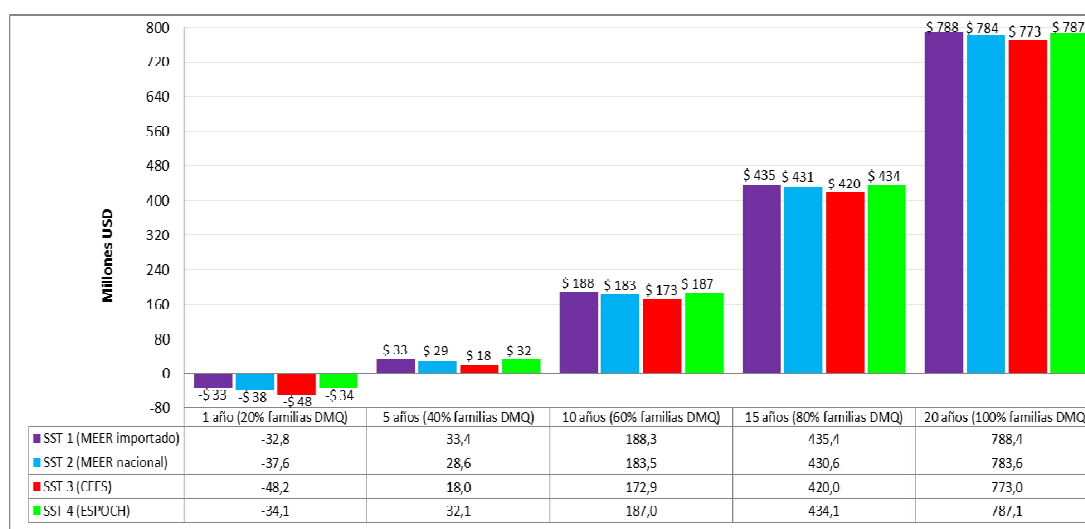
Cuadro N° 23. Beneficio neto para el Estado por la aplicación de incentivos focalizados bajo un alcance acumulativo de la demanda del DMQ (20% cada 5 años)

Tecnología de calentamiento de agua sanitaria	Beneficio neto para el Estado por la aplicación de incentivos focalizados (millones USD)				
	1 año (20% familias DMQ)	5 años (40% familias DMQ)	10 años (60% familias DMQ)	15 años (80% familias DMQ)	20 años (100% familias DMQ)
SST 1 (MEER importado)	-32,79	33,39	188,27	435,39	788,41
SST 2 (MEER nacional)	-37,57	28,61	183,50	430,61	783,63
SST 3 (CEES)	-48,17	18,00	172,89	420,00	773,02
SST 4 (ESPOCH)	-34,10	32,08	186,97	434,08	787,10

Fuente: Cuadro N° 19; Cuadro N° 22.

Elaboración: Iván González G.

Gráfico N° 43. Beneficio neto para el Estado por aplicación de incentivos focalizados (Escenario 2)



Fuente: Cuadro N° 19; Cuadro N° 22.

Elaboración: Iván González G.

Cuadro N° 24. Resumen de costos de tecnologías de generación de agua caliente sanitaria para el consumidor (con incentivos)

Tecnología de Calentamiento de Agua Sanitaria	Cobertura del Sistema	Vida Útil	Unidad	Costo primario					Costos complementarios		
				Sin Incentivos	Escenario de Incentivos 1	Escenario de Incentivos 2			Costos BOS e instalación	Costo mantenimiento (al año)	Costo de operación (al año)
					Toda la pob (62,5%)	Q1 y Q2 (75%)	Q3 (62,5%)	Q4 y Q5 (50%)			
SST 1 (MEER Importado)	90%	20 años	\$USD	794	297,75	198,5	297,75	397	0	10	9,18
SST 2 (MEER Nacional)	80%	20 años	\$USD	889	333,38	222,25	333,38	444,5	0	10	18,36
SST 3 (CEES)	75%	20 años	\$USD	1100	412,5	275	412,5	550	120	10	22,95
SST 4 (ESPOCH)	75%	20 años	\$USD	820	307,5	205	307,5	410	88	10	22,95
Calefón de gas	100%	10 años	\$USD	250	280	280	280	280	50	10	27,72
Ducha eléctrica	100%	2 años	\$USD	25	28	28	28	28	5	1	91,8

Fuente: Cuadro N° 16; Cuadro N° 18.

Elaboración: Iván González G.

Escenario 1: Beneficios para el consumidor por incentivos generalizados

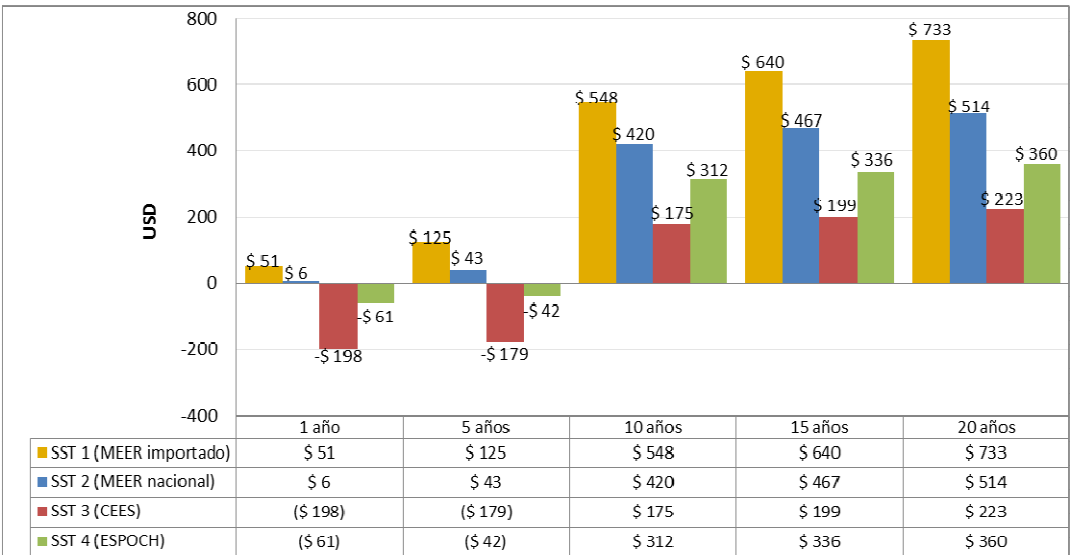
Según el escenario por incentivos no focalizados, un crédito tributario del 62,5% para la compra de los 4 tipos de SST analizados (y bajo los supuestos señalados previamente), se traduce en la reducción de costos acumulados y consecuente elevación del beneficio neto por la sustitución de calefones a gas y de duchas eléctricas, presentada en el cuadro 25.

Cuadro N° 25. Beneficios acumulados para el consumidor gracias a incentivos (Escenario 1)

Tecnología de Calentamiento de Agua Sanitaria	Cobertura del Sistema	Vida Útil	Unidad	Costos				Costo Acumulado				
				Costo primario	Costos BOS e instala-	Costo manteni-	Costo de operación (al año)	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años
SST 1 (MEER Importado)	90%	20 años	\$USD	297,75	0	10	9,18	316,93	393,65	489,55	585,45	681,35
SST 2 (MEER Nacional)	80%	20 años	\$USD	333,375	0	10	18,36	361,74	475,18	616,98	758,78	900,58
SST 3 (CEES)	75%	20 años	\$USD	412,5	120	10	22,95	565,45	697,25	862,00	1.026,75	1.191,50
SST 4 (ESPOCH)	75%	20 años	\$USD	307,5	88	10	22,95	428,45	560,25	725,00	889,75	1.054,50
Calefón de gas	100%	10 años	\$USD	280	50	10	27,72	367,72	518,60	1.037,20	1.225,80	1.414,40
Ducha eléctrica	100%	2 años	\$USD	28	5	1	91,80	125,80	563,00	1.126,00	1.656,00	2.186,00

Fuente: Cuadro N° 24.
Elaboración: Iván González G.

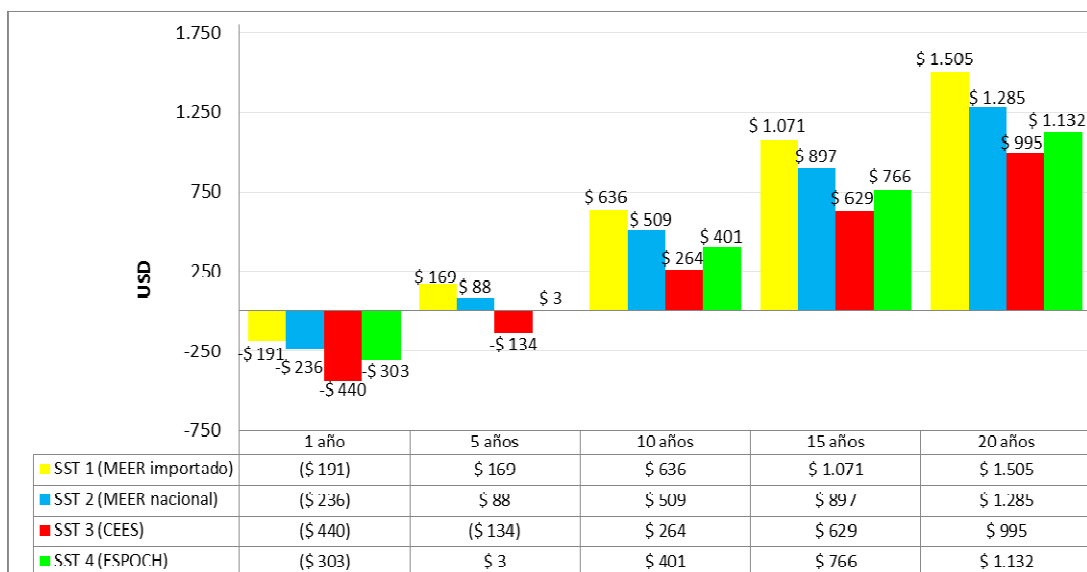
Gráfico N° 44. Beneficios acumulados para el consumidor por sustitución de calefones a gas (Escenario de incentivos 1)



Fuente: Cuadro N° 24.
Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el gráfico 44, bajo el escenario de incentivos generalizados, el beneficio que obtendría una familia por utilizar un SST en retrimiento del calefón a gas trae beneficios diferenciados según el SST a tratarse. El SST 1 y el SST 2, conllevan un beneficio positivo desde el primer año de USD 51 y USD 6 respectivamente, hasta incrementarse a USD 733 y USD 514 respectivamente en 20 años. Por otro lado, el SST 3 trae un beneficio de USD 175 en 10 años, que se eleva a USD 223 en 20 años; y el SST 4 presenta USD 312 en 10 años, y llega a USD 360 en 20 años.

Gráfico N° 45. Beneficios acumulados para el consumidor por sustitución de duchas eléctricas (Escenario de incentivos 1)

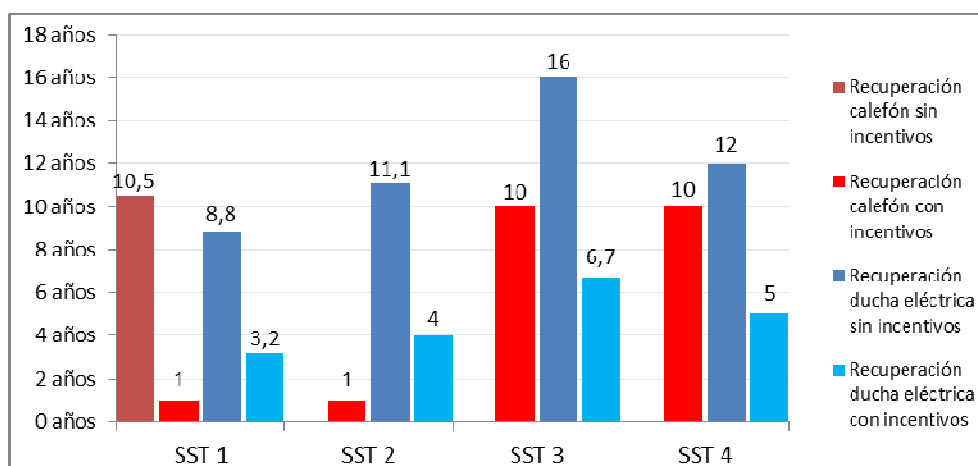


Fuente: Cuadro N° 24.

Elaboración: Iván González G.

Por el contrario, la sustitución de duchas eléctricas lleva a que ningún SST sea competitivo desde el primer año; sin embargo, el SST 1 y el SST 2 presentan una ganancia de USD 169 y USD 87 en 5 años, valor que crece pronunciadamente hasta los USD 1.505 y USD 1.285, respectivamente, en 20 años. Por otro lado, en los primeros 5 años, el SST 4 presenta una ganancia de solo USD 3, pero esta se incrementa hasta los USD 1.132 en 20 años. Por último, el SST 3 presenta una ganancia solo a partir de los 10 años con USD 264, que crece hasta USD 995 en 20 años (ver gráfico 45).

Gráfico N° 46. Recuperación de la inversión para el consumidor (Escenario de incentivos 1)



Fuente: Cuadro N° 25.

Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el gráfico 46, bajo el escenario de incentivos generalizados, el tiempo de recuperación de la inversión se acelera considerablemente; con 9,5 años más pronto para el remplazo de calefón a GLP para el caso del SST 1 y SST 2 (que gracias a los incentivos se recupera en

solo 1 año); además que para el remplazo de ducha eléctrica se recupera en 3,2 años y 4 años, respectivamente. Adicionalmente, se vuelven competitivos a los SST 2, 3 y 4 frente al remplazo de calefón a GLP (que no eran competitivos sin los incentivos) y se reduce considerablemente el tiempo de recuperación de la inversión para el remplazo de duchas eléctricas para estos tres últimos SST.

Escenario 2: Beneficios para el consumidor por incentivos focalizados

Para un escenario en el que se focalizan los incentivos según quintiles de ingreso para la población del DMQ que consume agua caliente sanitaria, en el cual el Q1 y Q2 (48.507 familias) reciben un subsidio del 75%, mientras que el Q3 (59.902 familias) uno del 62,5% y los Q4 y Q5 (257.700 familias) un crédito tributario del 50%; se reducen costos, se acortan períodos de recuperación de la inversión y se incrementan beneficios netos, tal como se presenta a continuación:

Incentivos para el quintil 1 y quintil 2

Las 48.507 familias pertenecientes a los quintiles 1 y 2 que demandan agua caliente sanitaria en el DMQ pueden acceder al subsidio en forma de devoluciones por 75% del valor del costo primario del SST; por lo que para estas familias, los costos acumulados se reducen y los beneficios netos se incrementan tal como se muestra en el cuadro 26.

Cuadro N° 26. Beneficios acumulados para el consumidor gracias a incentivos (Escenario 2: Q1 y Q2)

Tecnología de Calentamiento de Agua Sanitaria	Cobertura del Sistema	Vida Útil	Unidad	Costos				Costo Acumulado				
				Costo primario	Costos BOS e instalación	Costo mantenimiento (al año)	Costo de operación (al año)	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años
SST 1 (MEER Importado)	90%	20 años	\$USD	198,5	0	10	9,18	217,68	294,40	390,30	486,20	582,10
SST 2 (MEER Nacional)	80%	20 años	\$USD	222,25	0	10	18,36	250,61	364,05	505,85	647,65	789,45
SST 3 (CEES)	75%	20 años	\$USD	275	120	10	22,95	427,95	559,75	724,50	889,25	1.054,00
SST 4 (ESPOCH)	75%	20 años	\$USD	205	88	10	22,95	325,95	457,75	622,50	787,25	952,00
Calefón de gas	100%	10 años	\$USD	280	50	10	27,72	367,72	518,60	1.037,20	1.225,80	1.414,40
Ducha eléctrica	100%	2 años	\$USD	28	5	1	91,80	125,80	563,00	1.126,00	1.656,00	2.186,00

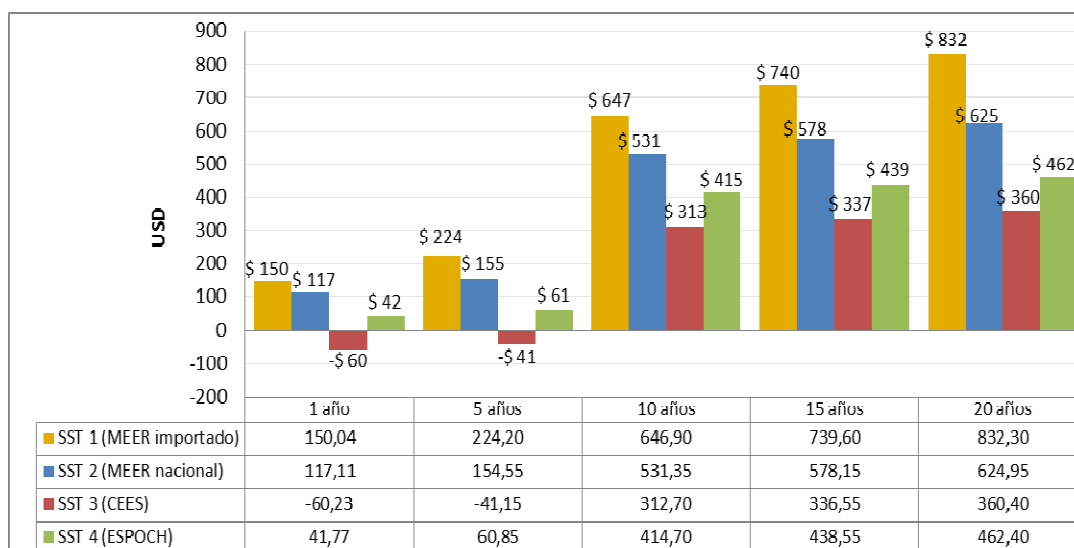
Fuente: Cuadro N° 24.

Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el gráfico 47, la sustitución de calefones a gas para las familias beneficiarias de los quintiles más pobres del DMQ, produce beneficios netos positivos desde el primer año para los SST 1, 2 y 4, con ganancias de USD 150, USD 117 y USD 42, respectivamente, que crecen hasta los USD 832, USD 625 y USD 462 respectivamente. El SST 3 recupera su inversión a partir del décimo año, con un beneficio de USD 313 que se eleva a USD 360 en 20 años.

Por la sustitución de duchas eléctricas, la totalidad de SST presenta pérdidas durante el primer año; sin embargo, a partir del quinto año, los SST 1, 2, 3 y 4 presentan ganancias netas de USD 269, USD 199, USD 3 y USD 105, respectivamente; cifras que se elevan a USD 1.604, USD 1.397, USD 1.132 y USD 1.234 en 20 años (ver gráfico 48).

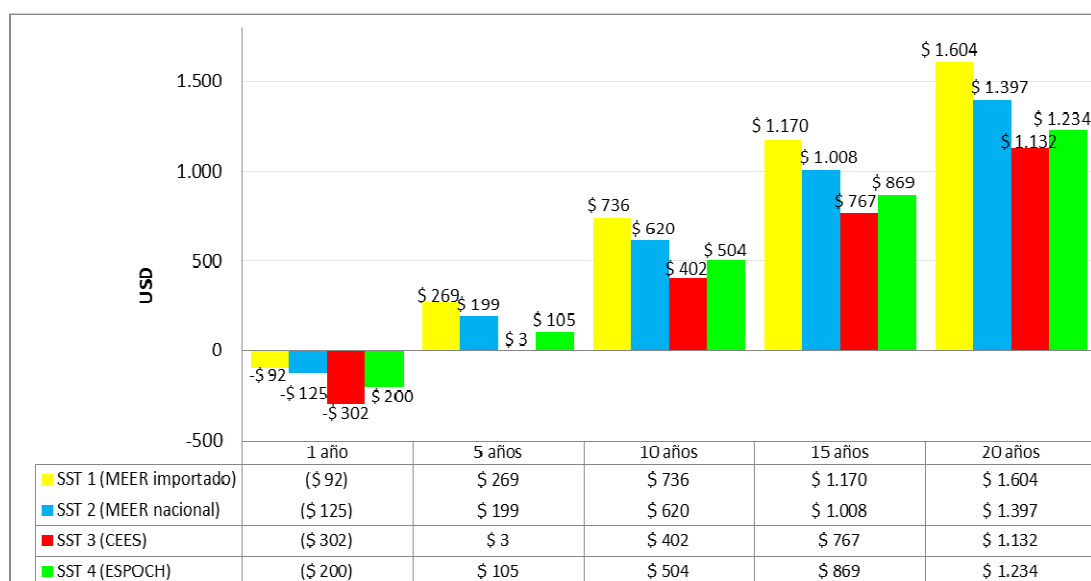
**Gráfico N° 47. Beneficios acumulados para el consumidor por sustitución de calefón a gas
(Escenario 2: Q1 y Q2)**



Fuente: Cuadro N° 24.

Elaboración: Iván González G.

**Gráfico N° 48. Beneficios acumulados para el consumidor por sustitución de duchas eléctricas
(Escenario 2: Q1 y Q2)**

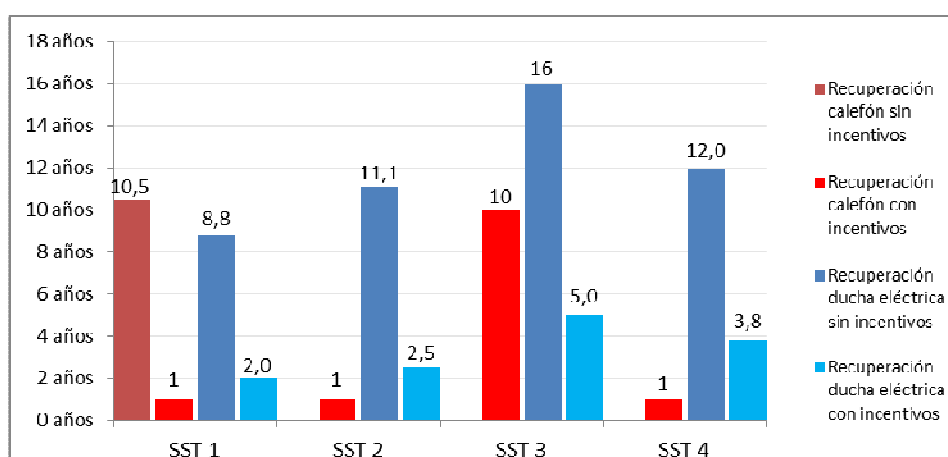


Fuente: Cuadro N° 24.

Elaboración: Iván González G.

Gracias al esquema de incentivos planteado para el 40% más pobre de la población del DMQ, se produce una extraordinaria reducción de los tiempos de recuperación de la inversión, haciendo que con los SST 1, 2 y 4 se recupere la inversión para calefón a gas en solo 1 año y en 2 años, 2,5 años, y en 2 años, 2,5 años y 3,8 años para con la ducha eléctrica, respectivamente. Por otro lado, el SST 3 se vuelve competitivo a partir del décimo año, en comparación al calefón, pero para con la ducha eléctrica esta relación es de solo 5 años (ver gráfico 49).

Gráfico N° 49. Recuperación de la inversión para el consumidor (Escenario 2: Q1 y Q2)



Fuente: Cuadro N° 26.

Elaboración: Iván González G.

Incentivos para el Quintil 3

Las 59.902 familias pertenecientes al quintil 3 que demandan agua caliente sanitaria en el DMQ pueden acceder a un subsidio en forma de devoluciones, por 62,5% del valor del costo primario del SST. El valor de estas devoluciones es exactamente el mismo considerado para un crédito tributario a otorgarse según el Escenario 1 por incentivos no focalizados, por lo cual se presentan exactamente los mismos resultados y se vuelve innecesario repetir el mismo análisis.

Incentivos para el Quintil 4 y Quintil 5

Por último, las 257.700 familias pertenecientes a los quintiles 4 y 5 que demandan agua caliente sanitaria en el DMQ pueden acceder a un crédito tributario del 50% del valor del costo primario del SST. Por lo tanto, para estas familias, que cuentan con capacidad de compra de un SST pero no necesariamente la predisposición a realizar este pago sin la ayuda de los incentivos planteados, los costos de los SST se reducirán en la mitad y así se incentivará su uso. Esto se debe a que se reducen los costos acumulados de los equipos, se reduce el tiempo de recuperación de la inversión y se incrementa el beneficio neto ante el reemplazo de calefones a gas y duchas eléctricas, como se presenta en el cuadro 27.

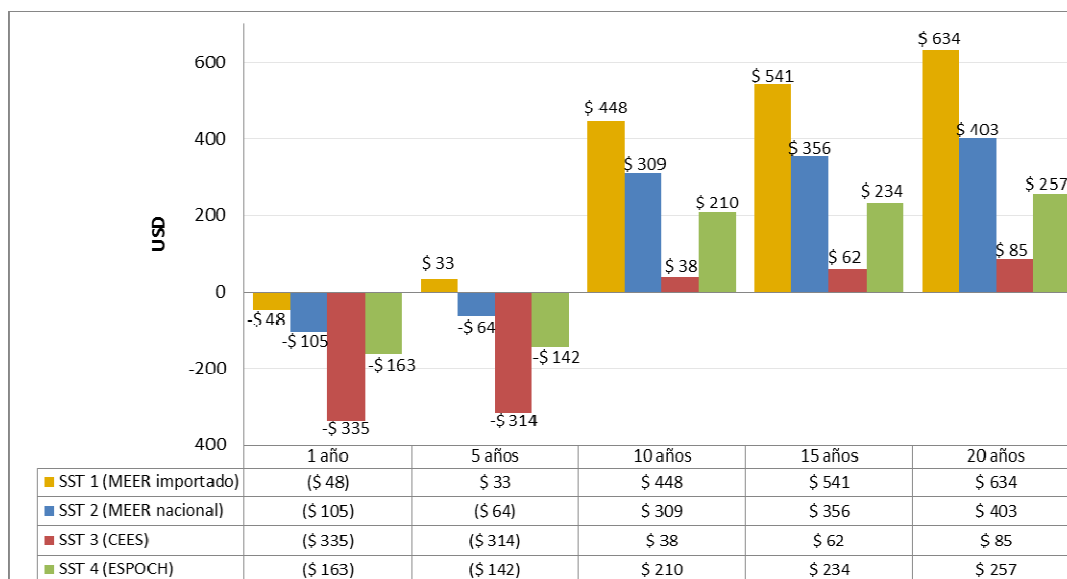
Cuadro N° 27. Beneficios acumulados para el consumidor gracias a incentivos (Escenario 2: Q4 y Q5)

Tecnología de Calentamiento de Agua Sanitaria	Cobertura del Sistema	Vida Útil	Unidad	Costos				Costo Acumulado				
				Costo primario	Costos BOS e instalación	Costo mantenimiento (al año)	Costo de operación (al año)	1 año	5 años	10 años	15 años	20 años
SST 1 (MEER Importado)	90%	20 años	\$USD	397	0	10	9,18	416,18	500,57	588,80	684,70	780,60
SST 2 (MEER Nacional)	80%	20 años	\$USD	444,5	0	10	18,36	472,86	597,64	728,10	869,90	1.011,70
SST 3 (CEES)	75%	20 años	\$USD	550	120	10	22,95	702,95	847,93	999,50	1.164,25	1.329,00
SST 4 (ESPOCH)	75%	20 años	\$USD	410	88	10	22,95	530,95	675,93	827,50	992,25	1.157,00
Calefón de gas	100%	10 años	\$USD	280	50	10	27,72	367,72	533,69	1.037,20	1.225,80	1.414,40
Ducha eléctrica	100%	2 años	\$USD	28	5	1	91,80	125,80	600,12	1.126,00	1.656,00	2.186,00

Fuente: Cuadro N° 24.

Elaboración: Iván González G.

**Gráfico N° 50. Beneficios acumulados para el consumidor por sustitución de calefón a gas
(Escenario 2: Q4 y Q5)**

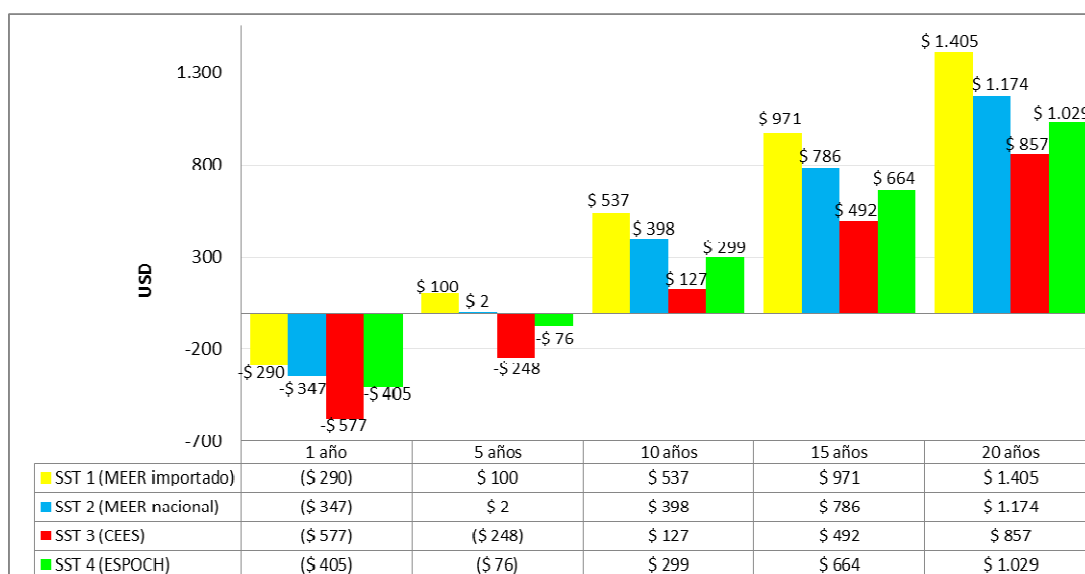


Fuente: Cuadro N° 24.

Elaboración: Iván González G.

A pesar de que para estas familias se presentan pérdidas por el remplazo de calefones a gas en los primeros años (para cualquier SST planteado), con el SST 1 se recuperará la inversión a partir de los 3,7 años y se percibirá un beneficio neto de USD 33 en 5 años, el cual se elevará a USD 634 en 20 años; mientras que los SST 2, 3 y 4 presentarán ganancias netas respectivas de USD 309, USD 38 y USD 234 en 10 años, que se elevarán, respectivamente, a USD 403, USD 85 y USD 257 en 20 años (ver gráfico 50)

**Gráfico N° 51. Beneficios acumulados para el consumidor por sustitución de duchas eléctricas
(Escenario 2: Q4 y Q5)**

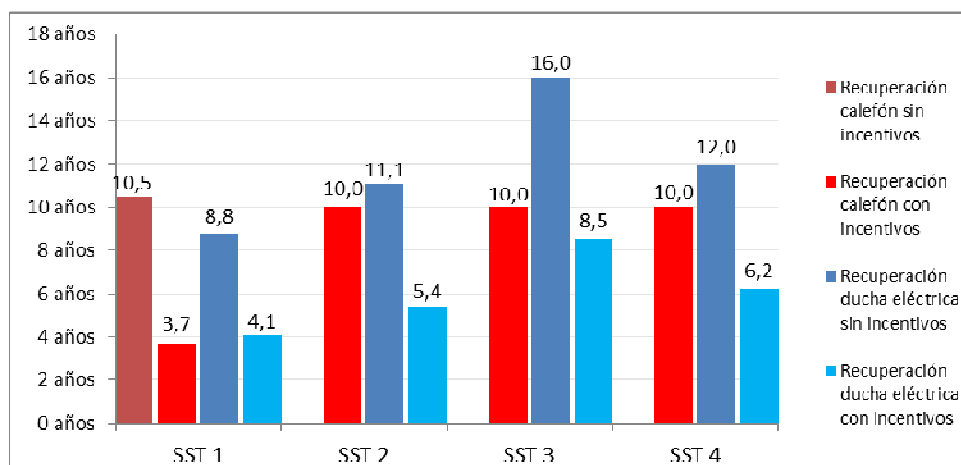


Fuente: Cuadro N° 24.

Elaboración: Iván González G.

Como se observa en el gráfico 51, a pesar de que para la totalidad de los SST se presentan pérdidas netas en los primeros años, en 5 años los Q4 y Q5 percibirán beneficios de USD 100 y USD 3 para los SST 1 y 2, que crecerán exponencialmente a USD 1.405 y USD 1.174, respectivamente, en 20 años. Los SST 3 y 4 presentan ganancias de USD 127 y USD 299 en 10 años, que se elevan a USD 857 y USD 1.029 en 20 años.

Gráfico N° 52. Recuperación de la inversión para el consumidor (Escenario 2: Q4 y Q5)



Fuente: Cuadro N° 27.

Elaboración: Iván González G.

Como se muestra en el gráfico 52, existe una reducción de tiempos de recuperación de la inversión para las familias de los Q4 y Q5 del DMQ que demandan agua caliente sanitaria y reemplazan tecnologías convencionales por SST. Con el SST 1, la recuperación de la inversión se reduce de 10,5 años a 3,7 años en reemplazo de calefones a gas, mientras que se reduce de 8,8 años a 4,1 años por la sustitución de ducha eléctrica. Igualmente, los SST 2, 3 y 4 se vuelven competitivos a los 10 años en reemplazo de calefones a gas, mientras que se reduce el tiempo de recuperación de la inversión 5 años, en promedio, al reemplazar duchas eléctricas por estos sistemas.

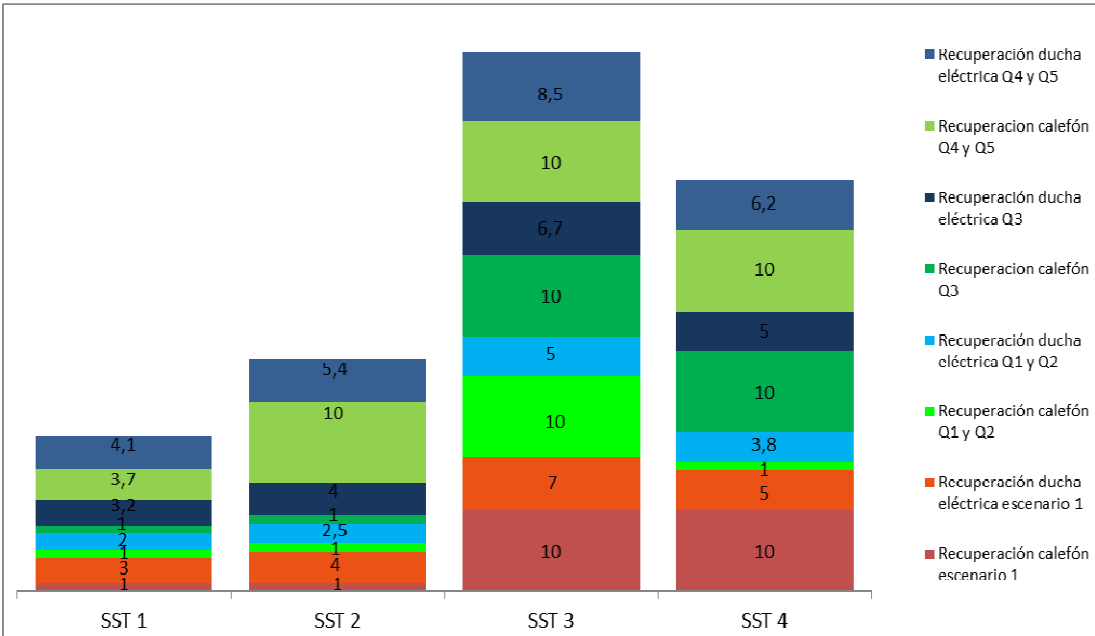
Comparación de escenarios de incentivos para el consumidor

Los períodos de recuperación de la inversión son similares en ambos escenarios por incentivos generalizados y focalizados, debido a que el valor de los incentivos propuestos es también similar, al encontrarse en el rango del 50% y 75%. Sin embargo, dentro de los incentivos existe una diferencia importante en los años de recuperación de la inversión según se trate del reemplazo de ducha eléctrica o de calefón a gas; pues, en relación con los quintiles 4 y 5, el período de recuperación de la inversión es más largo cuando se trata del reemplazo de calefones a gas por cualquier SST (con excepción del SST 1, en el cual dicha relación es inversa) (ver gráfico 53).

Para el quintil 3 (así como para los incentivos no focalizados del escenario 1, que comparten el mismo porcentaje de incentivo) existe una diferencia según el SST a tratarse, donde los SST 1 y 2 presentan mayor tiempo de recuperación de la inversión al reemplazar duchas eléctricas que al reemplazar calefones a gas, mientras que para los SST 3 y 4 esta relación es inversa. Por último, para

los quintiles 1 y 2, es más largo el período de recuperación al reemplazar duchas eléctricas (con excepción del SST 3, pues el calefón a gas presenta mayor tiempo de recuperación de la inversión).

Gráfico N° 53. Comparación del número de años de recuperación de la inversión entre distintos escenarios de incentivos y calentadores solares de agua

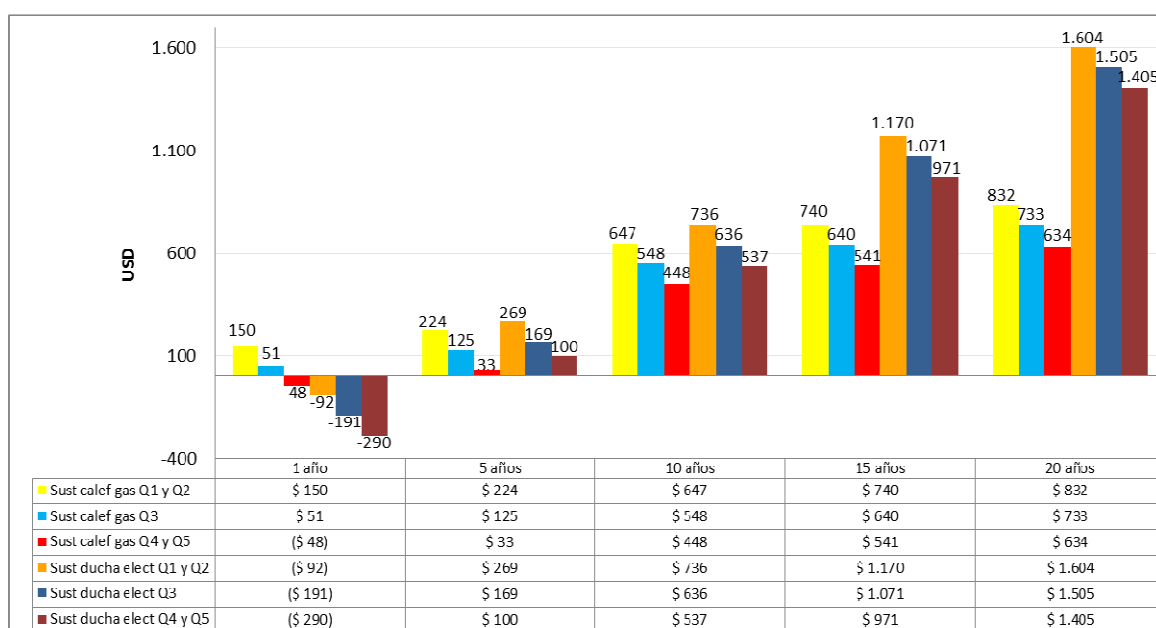


Fuente: Cuadro N° 25; Cuadro N° 26; Cuadro N° 27.
Elaboración: Iván González G.

Por otro lado, es evidente que el escenario por incentivos focalizados presenta el menor tiempo de recuperación de la inversión para la población del DMQ (con excepción de los Q4 y Q5), y, por tanto, resulta ser el escenario más eficiente para el consumidor. Adicionalmente, es también evidente que el SST 1 es el colector solar con menor tiempo de recuperación de la inversión para cualquier escenario de incentivos en remplazo de cualquier tecnología convencional de calentamiento de agua; por lo que deviene en ser el SST que resulta más conveniente no solo para el Estado (como se comprobó en el análisis costo beneficio anterior), sino también para las familias del DMQ, al presentar beneficios netos para el consumidor, según se trate de la tecnología convencional a reemplazarse (ver gráfico 54).

Como se observa en el gráfico 54, con la utilización del SST 1 (importado – MEER), la sustitución del calefón a gas para los Q1, Q2 y Q3 resulta en un beneficio positivo desde el primer año; ascendiendo a USD 832, USD 733 y USD 634 en 20 años; mientras que para los quintiles Q4 y Q5 esta relación es de pérdida de USD 48 en el primer año, pero con un beneficio de USD 634 en 20 años. Por otro lado, a pesar de que para todos los quintiles existe una pérdida por sustitución de ducha eléctrica en el primer año, se obtiene un beneficio positivo a partir de los 2 años (Q1 y Q2), de los 3,2 años (Q3) y de los 4,1 años (Q4 y Q5), que asciende respectivamente a USD 269, USD 169 y USD 100 en 5 años y se crece pronunciadamente a USD 1.604, USD 1.505 y USD 1.405 en 20 años, respectivamente, para los tres grupos de quintiles del DMQ que consumen agua caliente y serían favorecidos con incentivos.

Gráfico N° 54. Beneficios para el consumidor por incentivos focalizados al SST 1



Fuente: Cuadro N° 25; Cuadro N° 26; Cuadro N° 27.

Elaboración: Iván González G.

4.3.3.3 Resultados generales

Como lo demostraron los análisis costo-beneficio para el consumidor y para el Estado, ambos agentes serían altamente beneficiados por la implementación del programa de incentivos planteado de forma focalizada para impulsar cualquier tipo de SST; maximizando el beneficio de ambos agentes de potenciarse el uso del SST 1 (importado – MEER).

Una característica importante a recalcar acerca del SST 1 es que adicional a sus ventajas técnicas, tecnológicas, garantías, certificaciones y alta eficiencia, que se traduce en menores requerimientos de apoyo suplementario por energía eléctrica, dicho equipo presenta los menores costos de mercado (USD 794, incluido instalación) debido al proceso de licitación por subasta inversa del INCOP (realizado en el 2011 para la compra de 10.625 SST para viviendas del MIDUVI en Ecuador). Por lo que, al existir una demanda potencial anual de 14.644⁵⁰ SST para suplir el 20% de la demanda de agua caliente sanitaria del DMQ cada 5 años, los costos de dichos sistemas decrecerían aún más, elevando los beneficios netos percibidos para el Estado y los consumidores por el remplazo de duchas eléctricas y calefones a gas, y, por tanto, se reduciría el tiempo de recuperación de la inversión.

Adicionalmente, es probable que exista una respuesta positiva del mercado oferente, que aprovechará esta enorme demanda potencial, incorporando mayores y mejores competidores que produzcan SST localmente, así como el aprovechamiento de los adelantos tecnológicos mundiales que experimentarán los SST para los próximos años; con mejoras de eficiencia, productividad, competitividad y disminución de costos de los equipos.

⁵⁰ 366.109 familias del DMQ que utilizan tecnologías convencionales para calentamiento de agua caliente sanitaria, el 20% planteado a cubrirse responde a 73.222 familias cada 5 años, o sea 14.644 familias al año.

Por parte de los incentivos planteados, cabe destacar que los créditos tributarios, devoluciones, exoneraciones del IVA y préstamos públicos preferenciales han tenido un enorme éxito y difusión en varios países del mundo, y de ser implementados correctamente para la potenciación del uso del SST 1 en el DMQ, se espera un beneficio neto para el Estado de USD 33,4 millones en solo 5 años, USD 188,3 millones en 10 años y USD 788 millones en 20 años (tras asumir la efectividad planteada del 20% cada 5 años). Por el lado de las familias, existiría un beneficio neto de USD 832 por el remplazo de calefones a gas y USD 1.604 por el remplazo de duchas eléctricas para el Q1 y Q2 en un lapso de 20 años, mientras que para el Q3 existiría un beneficio neto de USD 733 y USD 1.505, y para el Q4 y Q5 un beneficio neto de USD 634 y USD 1.405 por el remplazo de calefones a gas y duchas eléctricas, respectivamente.

Una característica positiva de implementar una exoneración del 12% del IVA para los SST, es que dicho incentivo incrementa los costos de las tecnologías convencionales de calentamiento de agua sanitaria (calefones a gas y duchas eléctricas) de la misma forma que actuaría un “impuesto verde” sobre estas tecnologías, en el cual el 12% de impuesto asumiría las externalidades negativas provocadas por la quema de combustibles fósiles (GLP y electricidad generada con la quema de éstos combustibles), a la vez que reconoce las externalidades positivas por beneficios económicos, sociales y ambientales que provoca la utilización de sistemas solares térmicos.

Conclusiones

El DMQ es actualmente una verdadera metrópoli moderna, con los problemas que caracterizan a las metrópolis de los países en vías de desarrollo, cuya existencia y funcionamiento generan un importante sumidero de energía y recursos y un expulsor permanente de masivas cantidades de residuos y emisiones. El calentamiento de agua sanitaria representa uno de los mayores requerimientos energéticos de las urbes metropolitanas, por lo que su demanda creciente ha provocado incrementos continuos de requerimientos de GLP (para calefones a gas) y de energía eléctrica (para duchas eléctricas), con incrementos sostenidos de los subsidios que el Estado asigna a estas fuentes convencionales de energía.

El subsidio al GLP y los altos costos en que incurre el Estado Ecuatoriano para sostenerlo, presentan una peligrosa tendencia creciente así como un importante costo de oportunidad para el Estado, debido al uso ineficiente de los recursos fiscales invertidos; al mismo tiempo, imposibilita el desarrollo y difusión de tecnologías más eficientes que usan energías renovables, como los sistemas solares térmicos. Por otra parte, la inequidad en la asignación y consumo de dicho subsidio es aún más preocupante, ya que la población más beneficiada es la más acaudalada, como tampoco existe un uso exclusivo para cocina doméstica en los hogares, sino también un uso industrial, suntuario, vehicular y un importante flujo de salida por contrabando a través de las fronteras. La cuantificación y el análisis del subsidio al GLP, junto con la electricidad utilizada en duchas eléctricas, ha permitido que se cumpla con el primer objetivo específico de la investigación, pues se ha podido estimar el costo para el Estado Ecuatoriano del subsidio por el uso de calefones a gas y duchas eléctricas en el DMQ.

En general, la energía solar surge como el tipo de energía renovable con mayor potencial inmediato de desarrollo tecnológico y de competitividad en el mundo, puesto que es la fuente energética más limpia al no emitir gases de efecto invernadero y tener disponibilidad mundial ilimitada. Los sistemas solares térmicos para calentamiento de agua basados en energía solar térmica de baja temperatura, son una de las aplicaciones más prácticas y rentables del conjunto de las energías renovables, al encontrarse en un estado de difusión a nivel mundial muy próximo a su maduración comercial, y al potenciarse su desarrollo gracias a incentivos económicos impulsados desde gobiernos de varios países del mundo.

Puesto que el DMQ constituye una de las áreas del territorio ecuatoriano con mayor potencial de insolación global promedio ($5,1 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$), resulta una localidad idónea para la implementación masiva de tecnologías basadas en energía solar térmica renovable. Sin embargo, como se demuestra en este estudio, no existe un traspaso automático de los consumidores (por libre elección) hacia el uso de SST, a pesar de existir mayor beneficio económico individual a mediano y largo plazo (entre otros importantes beneficios económicos, sociales y ambientales no interiorizados). Éste comportamiento “irracional” se debe, entre otras razones, a fallos de mercado por información asimétrica e incompleta, mercados de SST inexistentes y externalidades positivas y negativas no asumidas, fallos de Estado por subsidios a hidrocarburos y tecnologías convencionales de calentamiento de agua, y fallos político-institucionales, así como barreras culturales, de costumbre o

comodidad, todas ellas exacerbadas por una seria falta de educación, información, comprensión y conciencia económica, social y ambiental, y sobretudo por la inexistencia de incentivos que ataquen estas barreras e impulsen el traslado racional hacia los SST. El análisis de los beneficios de los SST para los hogares del DMQ ha permitido cumplir con el segundo objetivo específico de la investigación.

Así entonces, resulta indispensable una intervención directa, focalizada, con visión eficiente y equitativa del Estado, pues se requiere el establecimiento correcto de un paquete de incentivos que logre que el mercado de SST en el DMQ alcance su etapa de desarrollo hasta el punto que dicha tecnología se vuelva autosuficiente y no tenga necesidad de apoyo del Estado. Se busca en última instancia que estos resultados sean extrapolados al Ecuador entero y, de esta manera, se promueva el cambio de la matriz energética hacia fuentes energéticas renovables que conduzcan a una verdadera economía post petrolera con seguridad y autosuficiencia energética.

Se ha procurado que los incentivos planteados para el antedicho fin sean simples, consistentes, transparentes, con poco espacio para discrecionalidades, económicamente viables y correctamente dimensionados, en concordancia con los principios de incentivos óptimos según ESTIF (2006). Adicionalmente, se han tomado en cuenta tres principios indispensables para el planteamiento de un sistema de incentivos eficiente y con visión social: focalización y temporalidad limitada para lograr eficiencia económica e inclusión social mediante la consideración de los quintiles más vulnerables de la población del DMQ, al diferenciar la calidad y cantidad de los incentivos asignados según sus capacidades.

A fin de cumplir con el tercer objetivo específico de proponer un paquete de incentivos que favorezca la adopción de calentadores solares por parte de los hogares del DMQ (y responder la pregunta específica correspondiente), se ha realizado un análisis teórico-empírico considerando los criterios y principios para el establecimiento de incentivos eficientes, para concluir que los incentivos óptimos para la potenciación del uso de SST en el DMQ consisten en los siguientes incentivos fiscales, financieros, regulatorios, entre otros: crédito tributario para la compra de SST, devoluciones por la compra de SST, exoneración tributaria del 12% de IVA, préstamos públicos preferenciales, garantías de préstamos, licitaciones públicas, obligaciones y mandatos renovables, licencias para contratistas, certificación de equipos y políticas de divulgación.

Tras un análisis costo-beneficio para el Estado y para los consumidores potenciales de SST (familias del DMQ) en el que se compararon diferentes tipos de SST y escenarios de incentivos según su focalización, se concluye que el SST óptimo a ser potenciado por el Estado es el “SST 1” que corresponde a un colector solar híbrido de placa plana con funcionamiento de tipo termosifón, que cumple con las normas técnicas de Israel (país de origen) además de contar con certificación europea y de EEUU, y que cuenta con una cobertura por energía solar del 90% (o sea con solo 10% de requerimiento de apoyo eléctrico), con un precio final de USD 794.

De manera similar, se concluye que el escenario por incentivos focalizados es el óptimo para el DMQ, el cual plantea un subsidio del 75% del costo primario del SST para las familias de los dos primeros quintiles que consumen agua caliente sanitaria en el DMQ, un subsidio del 62,5% para el quintil 3 y un crédito tributario del 50% para los quintiles 4 y 5; además de una exoneración tributaria total del

12% del IVA por la compra del SST mencionado y de un préstamo público preferencial al 0% de interés por el costo remanente (no cubierto por los otros incentivos) para toda la población del DMQ que demanda agua caliente sanitaria.

En el escenario antes indicado, el Estado obtendría un beneficio neto de USD 33,4 millones en solo 5 años, USD 188,3 millones en 10 años y USD 788 millones en 20 años; mientras que para las familias de los tres primeros quintiles existiría un beneficio neto positivo desde el primer año por el remplazo de calefones a gas (con una pérdida temporal para los quintiles 4 y 5), y una pérdida por solo 2 años para todas las familias que reemplacen duchas eléctricas; ya que, en 20 años, los dos primeros quintiles obtendrían un beneficio neto de USD 832 por el remplazo de calefones a gas y USD 1.604 por el remplazo de duchas eléctricas, mientras el quintil obtendría un beneficio neto de USD 733 y USD 1.505, respectivamente, y los quintiles 4 y 5 uno de USD 634 y USD 1.405, respectivamente.

De esta forma, tras evaluar los incentivos propuestos y haber elegido las cantidades óptimas a aplicarse en el DMQ, se ha cumplido con el objetivo general y al mismo tiempo se ha respondido la pregunta general planteada en los fundamentos metodológicos de la investigación, que buscaba conocer los incentivos económicos que podrían potenciar el uso de calentadores solares en el Distrito Metropolitano de Quito.

Recomendaciones

- Impulsar masivamente en los hogares del DMQ el uso del “SST 1”, que corresponde a un colector solar híbrido de placa plana tipo termosifón de origen israelita, que requiere solo 10% de apoyo eléctrico y que cuenta con certificación europea y estadounidense, bajo un precio final de USD 794.
- Para posibilitar lo anterior, se recomienda implementar los incentivos fiscales, financieros y regulatorios propuestos y analizados en esta investigación: un subsidio (en forma de devolución) del 75% del costo del SST, para los quintiles 1 y 2 de la población del DMQ que consume agua caliente sanitaria, así como uno del 62,5% para el quintil 3; créditos tributarios del orden del 50% para los quintiles 4 y 5; exoneración tributaria del 12% de IVA pagado en SST; préstamos públicos a 0% de tasa de interés para cubrir el porcentaje remanente del costo del SST no cubierto por los subsidios o créditos tributarios; garantías de préstamos a través del Municipio del DMQ y del Fondo Nacional de Garantías; licitaciones públicas a través del INCOP que permitan una reducción futura de los costos de los SST adquiridos a gran escala por el Estado y puestos a disposición de las familias del DMQ; obligaciones y mandatos renovables a partir de ordenanzas en el DMQ donde se exija la instalación de SST en nuevas construcciones; licencias para contratistas y certificación de equipos, mediante la creación de organismos públicos especializados y eficientes; y políticas de divulgación y sensibilización para con la ciudadanía del DMQ.
- A fin de comprobar la efectividad real del paquete de incentivos propuesto, se recomienda la implementación de dos proyectos pilotos en administraciones zonales del DMQ que representen sectores con ingresos opuestos. Un proyecto puede ser localizado en la administración zonal Eugenio Espejo que es la de menor pobreza por necesidades básicas insatisfechas (7,3% de la población del DMQ), y el otro en Quitumbe que es la de mayor pobreza (9,7% de la población del DMQ), con el propósito de evaluar el comportamiento de las familias de mayor y de menor poder adquisitivo ante la disponibilidad de los incentivos fiscales, financieros y regulatorios propuestos en esta investigación.
- Si bien la implementación de los incentivos antes indicados estaría a cargo del sector público, se recomienda procurar convenios de participación con el sector privado, de manera que se comparta la provisión de algunos de los incentivos planteados; por ejemplo, acuerdos con bancos comerciales para que sean éstos los que otorguen préstamos preferenciales a bajas tasas de interés, tal como se realiza en Portugal.
- El análisis costo-beneficio se centró únicamente en incentivos fiscales y financieros, que son los tipos de incentivos con mejor posibilidad de medición y contrastación económica al tratarse con variables cuantitativas, por lo que se recomienda una estructuración profunda de los incentivos regulatorios y otros tipos de incentivos desde una perspectiva multidisciplinaria con participación de otras ciencias sociales.

- Si bien se procuró plantear incentivos focalizados, temporales, simples, consistentes, transparentes, con poco espacio para discrecionalidades, económicamente viables y correctamente dimensionados, es indispensable que, de emplear el paquete de incentivos planteado, el Estado aplique los principios de continuidad, regulación e institucionalidad (mejorando la planificación, gestión y control de los incentivos). Es particularmente crítico el cumplimiento del principio de continuidad, pues, de efectivizarse solamente un apoyo esporádico o a corto plazo, los incentivos no logran cumplir sus objetivos y, más bien, pueden crearse distorsiones de mercado y llegar a establecerse incentivos perversos con efectos opuestos a los buscados.
- Adicionalmente al establecimiento de los sistemas de incentivos propuestos, es indispensable que se instituyan políticas nacionales y distritales coordinadas de focalización de subsidios e incorporación de externalidades negativas en los precios del GLP y de la electricidad (fuentes convencionales para calentamiento de agua), a fin de eliminar el incentivo perverso al consumo creciente y derrochador por los hogares ecuatorianos de estas fuentes energéticas tradicionales e ineficientes. De esta forma, al tiempo de incentivar las energías renovables y propiciar su desarrollo para que a mediano plazo alcancen la etapa de maduración comercial (cesando la ayuda del Estado), se desincentiva el consumo de energías fósiles y se provoca un remplazo ejemplar para los otros sectores energéticos hacia las tecnologías renovables.
- La propuesta de incentivos presentada se centra exclusivamente en incentivar el uso (demanda) de SST en el DMQ, es decir, incentivos para el sector consumidor que permiten potenciar el desarrollo de un posible mercado de SST. Sin embargo, se recomienda considerar también al desarrollo del sector productivo local de SST, con el fin de obtener una oferta robusta que permita satisfacer la demanda de equipos de SST, sin necesidad de importaciones y consecuentes salidas de capitales que benefician en gran parte a industrias extranjeras. Para ello, es indispensable establecer una propuesta⁵¹ concreta análoga y complementaria a la establecida en esta investigación que potencie la oferta de SST, con sus respectivos cálculos y análisis comparativos que determinen la viabilidad económica para el sector productor nacional de SST y la conveniencia para el Estado de implementar dichos incentivos.
- Al estar restringida al ámbito geográfico-administrativo del DMQ, en esta investigación no se consideraron incentivos de aplicación nacional, tales como las “zonas francas con privilegios tributarios” que aprovechan incrementos de aranceles (y trabas) de importación, entre otros impuestos, para disminuir la competitividad de fuentes energéticas convencionales. De igual manera, se obvió la aplicación de “Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)” a través del acceso al mercado de carbono, incentivo de interés estatal y buen potencial de aplicación debido a importantes ingresos potenciales provenientes del cese del uso del GLP (el cual emite grandes cantidades de CO₂) y la parte de energía eléctrica generada por combustibles fósiles. Por último, existe la potencialidad del aprovechamiento de Certificados Renovables de Pequeña Escala (STC) a nivel nacional, gracias a los cuales (tras un largo proceso de culturización financiera) se permita

⁵¹ Por ejemplo, un paquete de incentivos que estimule la inversión y producción local de SST puede constituir de exoneraciones tributarias al impuesto a la renta pagado por las industrias productoras de SST, deducciones parciales por empleo en dichas industrias, deducciones tributarias por nuevas maquinarias, esquemas de depreciación acelerada para maquinarias y equipos de las industrias, y préstamos públicos preferenciales para los inversionistas de dichas industrias.

que los consumidores de sistemas solares térmicos opten por certificados STC en vez de los subsidios y créditos tributarios planteados, y que puedan transar dichos certificados en el mercado de valores por un valor aproximado de USD 40 cada uno, emulando la experiencia positiva de Australia⁵².

- Por último, se recomienda realizar un estudio que presente un análisis de la economía política detrás del insistente apoyo a las energías a base de combustibles fósiles por parte de gobiernos de ciertos países desarrollados, a pesar de los enormes beneficios que presentan las fuentes energéticas renovables y su mayor eficiencia ambiental, de operación e incluso de costos por sobre las fuentes convencionales, y las grandes externalidades negativas, inequidad e ineficiencia que involucra el uso de las fuentes fósiles. Por tanto, el mencionado análisis debe indagar sobre los conflictos de intereses existentes entre actores político-económicos, corporaciones, especulación en mercados financieros y la geopolítica de los mercados de combustibles fósiles que promueven políticas irracionales de uso de energías no renovables.

⁵² Adicionalmente, y como un incentivo más general para potenciar el uso de energías renovables, sería deseable la aplicación de un incentivo por “hipotecas verdes”, bajo el cual se realice un financiamiento hipotecario preferencial para viviendas equipadas con energía renovable y mejoras en eficiencia energética (retrofit).

Referencias bibliográficas

- Ackerman, Frank y Massey, Rachel (2002) ***Prospering with precaution: employment, economics, and the precautionary principle***. Global Development and Environment (GDAE) Institute: Tufts University.
- Acosta, Alberto (2007) ***Agenda energética 2007-2011: Hacia un sistema energético sustentable***. Quito: Ministerio de Energía y Minas del Ecuador.
- APIVE (2011) ***Propuestas de reactivación del crédito hipotecario de vivienda***. Quito: APIVE.
- BCE (2012) ***Datos de importaciones según Código Nandina***. Quito: BCE.
<http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000766>. [Acceso: 05/03/2012].
- Beck, Fred y Martinot, Eric (2004) ***Renewable energy policies and barriers***. Cleveland: Academic Press/Elsevier Science.
- Bergman, Noam y Jardine, Christian (2009) ***Power from the people domestic microgeneration and the low carbon buildings program***. Environmental Change Institute: University of Oxford.
- Black & Veatch (2009) ***Levelized Cost of Energy calculation: methodology and sensitivity***. EEUU: Black & Veatch.
- Bradford, Travis (2006) ***Solar revolution: The economic transformation of the global energy industry***. Cambridge: The MIT Press.
- Byrne, John; Kurdgelashvili, Lado; Mathai, Manu; Kumar, Ashok; Yu Jung-Min; Zhang, Xilin; Tian, Jun y Rickerson, Wilson (2010) ***World solar energy review: technology markets and policies***. Banco Mundial, Centro de Energía y Política Ambiental.
- Carless, Jennifer (1995) ***Energía renovable: Guía de alternativas ecológicas***. México: Edamex.
- Castillo, José (2007) ***Una nota acerca de los subsidios, la política y la economía***. Banco Central del Ecuador (BCE).
- Castro, Miguel (2011) ***Matriz y política energética en Ecuador: Realidades y propuesta estatal***. Quito: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA).
- CEES (2012) ***Eficiencia energética en la edificación***. Quito: Centro Ecuatoriano de Energía Solar (CEES).
- CEPAL (2003) ***Revisión de metodologías utilizadas para la estimación de las externalidades***. México.
- CEPAL (2010) ***Intensidad energética del producto interno bruto***. Cálculos realizados en base a los datos energéticos del (SIEE) de OLADE y a datos de PIB en CEPALSTAT de la CEPAL.
<http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegradaFlashProc.asp> [Acceso: 2/09/2012].
- CEUTA (2009) ***Colectores solares***. Uruguay: Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas (CEUTA).

- CONQUITO (2012) **Quito “Capital Americana de la Cultura”**. Quito: CONQUITO.
http://www.quito.com.ec/index.php?page=shop.browse&category_id=51&option=com_virtuemart&Itemid=89 [Acceso: 6/03/2012].
- Coviello, Manlio (2008) **Energías renovables en América Latina y el Caribe: Estado de situación y perspectivas**. CEPAL: Natural Resources and Infrastructure Division.
- Cowen, Tyler (2008) **Descubre al economista que llevas dentro**. Barcelona: Plaza Edición.
- Chiras, Dan (2006) **The homeowner’s guide to renewable energy**. Canada: New Society Publishers.
- Edenhofer, Ottmar; Ramón, Madrugá e Youba, Sokona (2012) **Special report on renewable energy sources and climate change mitigation**. New York: Cambridge University, IPCC.
- EPA (2011a) **Public benefits funds**. EPA. <http://www.epa.gov/chp/state-policy/funds.html> [Acceso: 18/02/2012].
- EPA (2011b) **The benefits and costs of the clean air act from 1990 to 2020**. EEUU: EPA.
- Espinoza, Simón (2012) **Quito Milenario y Equinoccial**. Municipio del DMQ.
<http://www.quito.gov.ec/la-ciudad/historia.html> [Acceso: 15/03/2012].
- ESTIF (2006) **Financial incentives for solar thermal: Guidelines on best practice and avoidable problems**. ESTIF.
- ESTTP (2009) **Solar heating and cooling for a sustainable energy future in Europe**. Bruselas: ESTIF, EUREC.
- Evwind (2011) **El 100% de la energía podría obtenerse en 2030 con renovables**. España: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. http://www.evwind.com/noticias.php?id_not=7867. [Acceso: 16/12/2011].
- Fernández, Ramón (2011) **El capitalismo global, principal agente geomorfológico**. Barcelona: Metrópolis. <http://barcelonametropolis.cat/es/page.asp?id=21&ui=441>. [Acceso: 27/01/2012].
- Field, Barry (1995) **Economía ambiental: Una introducción**. Colombia: Environmental Economics.
- Goodstein, Eban; Sheeran, Kristen; Dorman, Peter; Laitner, John e Isham Jonathan (2010) **Climate policy and jobs: an update on what economists know**. Economics for Equity and the Environment Network.
- Goodstein, Eban (1999) **The trade-off myth: fact and fiction about Jobs and the Environment**. Washington, DC: Island Press.
- Hexagon Consultores (2006) **Subsidio al gas**. Ecuador: Papel de Trabajo M.E.I.L. N° 15.
- Heller, Jack y Kauffman, Kenneth (1965) **Incentivos fiscales para el desarrollo industrial**. México: CEMLA.
- Hurtado, Felipe (2008) **Eficiencia energética en el Ecuador** (Disertación de grado). Facultad de Economía de la PUCE, Ecuador.
- IDAE (2006) **Energía solar térmica**. España: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

- IEA (2007) **Manual de estadísticas energéticas**. París: IEA, OECD, Eurostat.
- ____ (2011) **Renewable solar basics**. EEUU: IEA.
- INEC (2007) **Encuesta de Condiciones de Vida (ECV): Quinta Ronda 2005-2006**. Quito: INEC.
- ____ (2011) **Censo de Población y Vivienda 2010 (CPV)**. Quito: INEC.
- INCOP (2012) **Información del proceso de contratación N° 024 y 041**. Instituto Nacional de Contratación Pública (INCOP).
<http://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=MTg4MTU3> [Acceso: 02/04/2012].
- Instituto de la Ciudad (2012) **Boletín estadístico mensual ICQ**. Quito: Instituto de la Ciudad.
- Jacobson, Mark y Delucchi, Mark (2010) **Providing all global energy with wind, water, and solar power**. California: Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University.
- Jiménez, Hernán (2009) **Estandarización de sistemas de calentamiento de agua con energía solar en la ciudad de Riobamba** (Disertación de grado). Facultad de Mecánica de la ESPOCH, Ecuador.
- Jiménez, Juan Pablo y Podestá, Andrea (2009) **Inversión, incentivos fiscales y gastos tributarios en América Latina**. Santiago de Chile: CEPAL.
- Landeta, Sandi (2006) **La oferta de crédito hipotecario para la adquisición de vivienda en el Distrito Metropolitano de Quito** (Disertación de grado). Programa de maestría en dirección de empresas de la Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador.
- Lazard Corp (2010) **Levelized Cost Of Energy (LCOE) analysis – version 3.0 & version 4.0**. EEUU.
- Levantina (2011) **Energía solar térmica**. <http://aislamientoexterior.es/3.html>. [Acceso: 10/12/2011].
- López Cózar, José Manuel (2006) **Energía solar térmica**. IDAE: España.
- Luna, Néstor; Noboa, Eduardo y Salvador, Andrea (2011) **SWH market assessment regional report**. OLADE.
- Manzano, Luis (2011) **Estado actual y perspectivas de la energía solar térmica en el Ecuador**. MEER.
- MEER (2011) **Sobre el uso de las duchas eléctricas**. Boletín de Prensa N° 007. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).
- MEER (2008) **Estudio de factibilidad económica de la sustitución del GLP y duchas eléctricas en el calentamiento de agua**. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).
- Moore, David; Meredith, Stechbart y Global Footprint Network (2011) **Huella ecológica de Quito**. Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito.
- Morgenstern, Richard; Pizer, William y Shih, Jhih-Shyang (2002) **Jobs versus the environment: an industry-level perspective**. Washington: Resources for the Future.
- OLADE (2009) **Informe de estadísticas energéticas 2009**. Quito: OLADE.

- ORER (2012) ***Financial incentives for solar panels***. Australia: Office of the Renewable Energy Regulator (ORER). <http://www.orer.gov.au/Solar-Panels/Incentives-for-your-Solar-Panels/incentives-solar-panels> [Acceso: 23/01/2012].
- Pearce, David; Finck, Donata (1999) ***Advancing subsidy reform: towards a viable policy package***. Londres: Cambridge University Press.
- Petrocomercial (2010) ***Petrocomercial informó a la prensa los proyectos en ejecución para el progreso del país***. Unidad de Relaciones Públicas. Quito: Petrocomercial. http://www.petrocomercial.com/wps/documentos/noticias/noticias_template_solo/ruedad_prensaoctubre.html [Acceso: 23/01/2012].
- Patterson, Zachary y Line C, Carpentier (2003) ***Mecanismos de mercado para el secuestro de carbono, la eficiencia energética y la energía renovable en América del Norte: ¿cuáles son las opciones?*** Comisión para la Cooperación Ambiental.
- Pollin, Robert; Heintz, James y Garrett-Peltier, Heidi (2009) ***The economic benefits of investing in clean energy***. Massachusetts: Department of Economics at the Political Economy Research Institute (PERI) University of Massachusetts.
- Porter, Michael (2005) ***¿Qué es la competitividad?***. España: IESE Business School. http://www.iese.edu/es/ad/AnselmoRubiralta/Apuntes/Competitividad_es.html [Acceso: 01/02/2012]
- Pound, William (2010) ***Meeting the energy challenges of the future: a guide for policymakers***. Colorado.
- RAE (2010) ***Diccionario de la Real Academia Española***. Madrid: Real Academia Española.
- REN 21 (2011 a) ***Renewables 2011 Global status report***. Ren21: París.
- REN 21 (2011 b) ***Overview on policy instruments***. Ren21: París. <http://www.ren21.net/RenewablesPolicy/PolicyInstruments/tabid/5608/Default.aspx> [Acceso: 10/01/2012].
- Ramón, Eduardo (2010) ***Energía solar térmica: placa plana vs tubo de vacío***. <http://www.bhtavanza.com/es/informacion/informacionart/116-energia-solar-termica-placa-plana-vs-tubo-de-vacio> [Acceso: 01/12/ 2011].
- Ríos, Álvaro; Garrón, Mauricio y Cisneros, Pablo (2007) ***Focalización de los subsidios a los combustibles en América Latina y El Caribe***. Quito: OLADE.
- Roca, Jerónimo (2010) ***Evaluación de la efectividad y eficiencia de los beneficios tributarios***. New York: BID.
- Rosero, Eduardo (2011) ***Mercado de la energía solar en Ecuador***. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).
- Rosero, Eduardo y Chiliquinga, Byron (2011) ***Ecuador: informe final del Observatorio de Energías Renovables en América Latina y el Caribe***. Quito: OLADE.
- SRCC (2012) ***SRCC certified solar water heating system***. EEUU: Solar Rating & Certification Corporation. <http://www.solar-rating.org/ratings/og300.html> [Acceso: 13/11/2011].

- Stanton, Elizabeth (2011) ***Jobs and clean air too***. Triple Crisis Blog: Global Perspectives on Finance, Development and Environment. <http://triplecrisis.com/jobs-and-clean-air-too/> [Acceso: 18/09/2011].
- UNESCO (2012) ***City of Quito***. UNESCO: World Heritage Centre. <http://whc.unesco.org/en/list/2> [Acceso: 15/03/2012]
- UNEP (2009) ***Why clean energy public investment makes economic sense***. Washington: Management Information Services Inc, SEF Alliance.
- UN COMTRADE (2010) ***United Nations Commodity Trade Statistics Database***. United Nations Statistics Division (UNSD). <http://comtrade.un.org/db/mr/rfCommoditiesList.aspx?px=HS&cc=841911> [Acceso: 20/10/2011]
- Valencia, Alexis (2007) ***Revisión y propuesta sobre la política de incentivos para la inversión en Ecuador***. Ecuador: PACE-BID-MICIP.
- Velarde F., Juan (2004) ***La energía: un problema fundamental para España***. (4a Ed) España: Cuadernos de Pensamiento Político.
- Weiss, Werner y Mauthner, Franz (2011) ***Solar heat worldwide: markets and contribution to the energy supply 2009***. AEE - Institute for Sustainable Technologies: IEA Solar Heating & Cooling Programme Austria.
- World Energy Council (2012) ***Energy efficiency policies around the world: review and evaluation***. http://www.worldenergy.org/publications/energy_efficiency_policies_around_the_world_review_and_evaluation/3_evaluation_of_energy_efficiency_policies_and_measures/1190.asp [Acceso: 20/01/2012].
- Zabalza, Ignacio y Aranda, Alfonso (2009) ***Energía solar térmica***. España: Universidad de Zaragoza.